



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE HERENCIA EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA RURAL

Teaching learning of the inheritance concept in basic
secondary rural students

Melissa Irene González García

Universidad Nacional de Colombia
Facultad De Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Manizales, Colombia
2014

ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE HERENCIA EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA RURAL

Teaching learning of the inheritance concept in basic
secondary rural students

Melissa Irene González García

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magíster en Enseñanza De Las Ciencias Exactas y Naturales

Directora:

Ph. D. Bioquímica y Biología Molecular MARY ORREGO CARDOZO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad De Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Manizales, Colombia

2014

*A mis padres y hermano por ser un ejemplo
de vida*

Agradecimientos

En primer lugar infinitas gracias doy a Dios por brindarme sabiduría y fortaleza en cada momento de mi vida, y permitirme alcanzar satisfactoriamente una de mis metas académicas propuestas.

A mi padre Rosemberg González Gaviria y mi madre Lucelly García Buitrago por sus valiosas enseñanzas y apoyo incondicional durante todo mi proceso formativo; por ser un ejemplo de vida y mi motivación para crecer a nivel personal y profesional.

A la doctora Mary Orrego Cardozo por su constante asesoría y guía durante el proceso formativo, por contribuir en mi desarrollo profesional y académico.

A mi hermano Camilo González García y demás familiares por el apoyo, amor y comprensión brindados durante las diferentes etapas de mi vida.

A mi colega y compañera de aventuras Ana María Barrero Parra, simplemente gracias por compartir tantos momentos de enseñanza, aprendizaje y crecimiento tanto a nivel personal como profesional; eres la hermana que me regalo la vida.

A los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Puerto Iris sede internado por su colaboración en el desarrollo de esta investigación.

Resumen

En este trabajo se presenta un tipo de investigación mixta con el objetivo de diseñar una unidad didáctica con actividades metacognitivas y de lenguaje para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de herencia en estudiantes del área rural, para lo cual se realizó la reconstrucción histórico – epistemológica para la caracterización de los modelos explicativos acerca de la herencia; se diseño e implemento un instrumento de ideas previas y se realizó un análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes en el software Atlas Ti 6.0, que permitió la caracterización de las ideas previas, la identificación de los modelos explicativos de los estudiantes de grado octavo y la determinación de los obstáculos de aprendizaje acerca del concepto de herencia. El análisis indicó que el modelo explicativo con mayor frecuencia de respuestas fue el cotidiano y los obstáculos más representativos son los epistemológicos. En cuanto al análisis cuantitativo llevado a cabo entre la frecuencias de las respuestas de los estudiantes del área urbana y rural, no se observaron diferencias significativas para los modelos y obstáculos identificados.

Palabras clave: Unidad didáctica, ideas previas, metacognición, modelos explicativos, obstáculos, herencia.

Abstract

In this paper the design of a teaching unit with metacognitive and language activities is presented to improve the process of learning inheritance concept in rural students, the historical-epistemological reconstruction was perform for characterizing explanatory models about inheritance; an instrument of previous ideas was designed and implemented, a qualitative analysis about students answers was develop in Atlas Ti 6.0 software, it allowed previous ideas characterization, the identification of explanatory models in eighth grade students answers and learning obstacles about the concept of

inheritance was develop. The analysis indicated that the explanatory model answers more often was the day to day and the most representative are the epistemological obstacles . No significant differences between models and obstacles identified in urban and rural areas students were observed in the quantitative analysis..

Keywords: Learning unit,

previous ideas, metacognition, explanatory models, obstacles, inheritance.

Contenido

	<u>Pág.</u>
Resumen	IX
Lista de gráficas.....	XIII
Lista de tablas	XIV
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	1
2.1 Pregunta de investigación:	2
3. Justificación	1
4. Objetivos	1
4.1 Objetivo general:	1
4.2 Objetivos específicos:.....	1
5. Marco teórico	3
5.1 Ideas previas	3
5.2 Obstáculos.....	7
5.3 Modelos mentales	8
5.4 Metacognición.....	10
5.5 Lenguaje	14
5.6 Evolución conceptual.....	15
5.7 Unidad didáctica	16
5.8 Desarrollo histórico-epistemológico del concepto de herencia	18
5.9 Modelos explicativos acerca de la herencia, precursores y características	35
6. Metodología.....	37
6.2 Definición de la población	38
6.3 Criterios de selección de la muestra	38
6.4 Recolección de la información	38
6.5 Fases de la investigación	39
6.5.1 Revisión bibliográfica.....	39
6.5.2 Elaboración del instrumento.....	39
6.5.3 Aplicación del instrumento de ideas previas.....	41
6.5.4 Análisis de la información.....	41
6.5.5 Diseño de la unidad didáctica	42
7. Resultados y discusión de la información.....	43

7.1	Categoría transmisión de caracteres	43
7.1.1	Modelo cotidiano	43
7.1.2	Modelo preformista.....	46
7.1.3	Modelo herencia mezcladora	47
7.1.4	Modelo caracteres adquiridos	49
7.1.5	Modelo mendeliano	50
7.2	Categoría molécula portadora de la herencia.....	51
7.2.1	Modelo cotidiano	54
7.2.2	Modelo mendeliano	57
7.3	Obstáculos.....	57
7.4	Comparación entre el análisis de las respuestas de los estudiantes del área urbana y rural.....	59
8.	Unidad didáctica.....	63
8.1	Objetivos de la unidad.....	63
8.2	Actividades	63
	Actividad 1.....	63
8.2.1	Actividad 1. Repaso: ampliando mis conocimientos sobre la célula.....	64
8.2.2	Actividad 2. Identificando el material hereditario	78
8.2.3	Actividad 3. Aprendiendo sobre división celular	88
8.2.4	Actividad 4. Mis primeros conceptos de genética.....	96
8.2.5	Actividad 5. Ampliando mis conocimientos sobre genética.....	105
8.2.6	Actividad 6. Lo más profundo: bases moleculares de la herencia	114
9.	Conclusiones	128
A.	Anexo: Instrumentos de ideas previas	131
	Bibliografía	137

Lista de gráficas

Gráfico 1. Red semántica categoría transmisión de caracteres.....	44
Gráfica 2. Red semántica categoría molécula portadora de la herencia.....	52
Gráfica 3. Frecuencia de respuestas en cada modelo de la categoría transmisión de carácter y molécula portadora de la herencia en el área urbana y rural	60
Gráfico 4. Práctica de laboratorio “ Observación de células animales y vegetales”	71
Gráfico 5. Tipos de interacción génica.....	109
Gráfico 6. Laboratorio “Extracción de ADN casera”	119

Lista de tablas

Tabla 1 Modelos explicativos acerca de la herencia.....	35
Tabla 2 Relación de categorías con las preguntas formuladas en el modelo transmisión de caracteres.....	40
Tabla 3 Relación de categorías con las preguntas formuladas en el modelo molécula portadora de la herencia	41
Tabla 4 Comparación de frecuencia de respuestas entre los estudiantes del área urbana y rural.....	59
Tabla 5 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para la categoría transmisión de caracteres.....	61
Tabla 6 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para la categoría molécula portadora de la herencia.....	61
Tabla 7 Autoevaluación. Actividad 1: Repaso: Ampliando mis conceptos sobre célula.....	76
Tabla 8 Evaluación actividad 1: Repaso: Ampliando mis conocimientos sobre la célula.....	77
Tabla 9 Autoevaluación. Actividad 2: Identificando el material genético.....	86
Tabla 10 Evaluación. Actividad 2: Identificando el material genético.....	87
Tabla 11 Autoevaluación. Actividad 3: Aprendiendo sobre división celular.....	95
Tabla 12 Evaluación. Actividad 3: Aprendiendo sobre división celular.....	96
Tabla 13 Autoevaluación. Actividad 4: Mis primeros conceptos de genética.....	103

Tabla 14	Evaluación. Actividad 4: Mis primeros conceptos de genética.....	104
Tabla 15	Autoevaluación. Actividad 5: Ampliando mis conceptos sobre genética.....	112
Tabla 17	Autoevaluación. Actividad 6: Lo más profundo: bases moleculares de la herencia.....	123
Tabla 18	Evaluación. Actividad 6. Lo más profundo: bases moleculares de la herencia.....	127

1.Introducción

Existe un consenso universal, en que debe cambiarse, modificarse, innovarse en materia de enseñanza de las ciencias. En la actualidad, se plantea que el currículo educativo debe cambiarse, modificarse y nutrirse, pues no están completos con las exigencias de la enseñanza de las ciencias, ni los maestros están lo debidamente instruidos para ejercer la función; pero para lograr estos cambios, hay que comenzar por entender cómo enseñar las ciencias de manera adecuada.

Como primera medida, se deben cambiar los modelos de enseñanza memorísticos y orientar a los estudiantes en procesos metacognitivos para acercarlos al conocimiento científico, permitiendo de esta manera transformar sus conocimientos o ideas previas por conceptos aceptados por la comunidad científica, contribuyendo de esta manera a superar los obstáculos de aprendizaje y de esta manera desarrollar el pensamiento y uso del lenguaje científico en los estudiantes al momento de justificar o exponer sus ideas acerca de temas relacionados con las ciencias naturales.

En este trabajo se aborda los aspectos relacionados con las ideas previas de los estudiantes del grado octavo de educación rural de la Institución Educativa Puerto Iris, sobre el concepto de herencia, con el propósito de identificar los obstáculos de aprendizaje y a partir de ellos diseñar una unidad didáctica para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje; de igual manera se realiza un análisis comparativo entre las ideas previas y obstáculos de aprendizaje de los estudiantes del grado octavo del área rural y urbana, para determinar si existen diferencias significativas como resultado del contexto en el cual se encuentran los estudiantes.

Inicialmente, se identificaron los modelos explicativos acerca del concepto de herencia a partir de desarrollo histórico-epistemológico del concepto; se diseño y aplico un instrumento de ideas previas a los estudiantes para identificar los obstáculos de aprendizaje y los modelos en los cuales se encuentran las respuestas a los planteamientos propuestos en el instrumento de ideas previas. A partir de estos resultados se diseño una unidad didáctica con estrategias metacognitivas y de lenguaje con el objetivo de que los estudiantes transiten de las ideas previas a los conceptos científicos, y puedan aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes contextos.

En cuanto al análisis comparativo, se tomaron los resultados obtenidos en un estudio realizado con los estudiantes del área urbana para aplicar una prueba estadística que permite establecer si existen o no diferencias significativas entre las ideas previas y obstáculos del aprendizaje del concepto de herencia de los estudiantes del grado octavo del municipio de Puerto Concordia, departamento del Meta.

2.Planteamiento del problema

En principio, no se trata únicamente de cómo enseñar la ciencia –sobre lo cual hay amplia bibliografía y un vasto campo de experiencias que pueden ser compartidas e imitadas– sino también de los procesos que ocurren en quien aprende y ejercita las ciencias (tanto sea el alumno de niveles básicos o superiores como el docente en distintas etapas de su formación). Ambos campos –el de enseñar y el de aprender– han experimentado diversas transformaciones en las últimas décadas (Golombek, 2008).

En el caso específico de la biología, es considerada por los estudiantes como un área de la ciencia poco llamativa, por lo cual su proceso de enseñanza-aprendizaje requiere de estrategias didácticas efectivas que rompan el paradigma de que es una ciencia abstracta, facilitando de esta manera al docente el abordaje de las temáticas incluidas para esta área en el plan de estudio y al estudiante en su proceso gracias a que los conceptos se pueden hacer más fáciles de comprender.

Tal es el caso de temas como la enseñanza de los ácidos nucleicos y su relación con los procesos hereditarios, los cuales son considerados de difícil aprendizaje por los estudiantes dado que en ellos se puede observar el escaso o casi nulo establecimiento de asociaciones coherentes con el conocimiento científico actual, evidenciando la existencia de dificultades en cuanto a la comprensión de las representaciones científicas del tema (Iturriago, 2011). Así mismo es importante resaltar que los estudiantes del área rural poseen un limitado acceso a la información gracias a la poca disponibilidad de recursos bibliográficos en bibliotecas escolares, conllevando a que se presenten altos niveles de dificultad en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los conceptos científicos; es importante tener en cuenta el contexto social en el cual habitan los estudiantes de la institución educativa Puerto Iris por lo cual cabe mencionar que es una institución de carácter oficial en la cual asisten estudiantes de los estratos socio-

económicos 1 y 2 pertenecientes a poblaciones vulnerables; este aspecto es importante al momento de realizar comparaciones con instituciones educativas urbanas.

2.1 Pregunta de investigación:

¿Cómo mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de herencia en los estudiantes del grado 8 del área rural?

3. Justificación

Es evidente que las instituciones de educación media enfrentan dificultades en los procesos de enseñanza-aprendizaje en todas las áreas del conocimiento, principalmente en las ciencias como la física, química y biología; estas dificultades son consecuencia de la deficiencia de los estudiantes en el proceso, así como las estrategias didácticas no adecuadas utilizadas por los docentes. Por lo tanto, se deben mejorar dichas estrategias con el objetivo de motivar y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para mejorar las estrategias se debe generar motivación, la cual es un factor importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje tanto del docente por enseñar como del estudiante por aprender y que genera a su vez un aprendizaje en profundidad integrando conceptos que no existían en la estructura cognitiva, buscando que desde la perspectiva de las ciencias naturales los jóvenes aprendan los contenidos científicos, fomentando el desarrollo de habilidades del pensamiento; tal es el caso del tema de los ácidos nucleicos, el cual es considerado difícil y en ocasiones confuso para los estudiantes y algunos docentes, por lo que se considera importante su aprendizaje dado que hace parte fundamental de los procesos biológicos de todos los seres vivos y es considerado un tema básico para la biología.

Otro aspecto a tener en cuenta es replantear el papel del docente en los procesos dirigidos a los estudiantes, con miras a generar una manera diferente de direccionar las estrategias del aula de clase permitiendo afrontar estas problemáticas y plantear posibles soluciones, a través del diseño e implementación de unidades didácticas como se plantea en el presente trabajo, así como evaluar las posibles diferencias que se pueden generar en los procesos llevados a cabo con los estudiantes del área rural y urbana.

4.Objetivos

4.1 Objetivo general:

- Diseñar una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de herencia en los estudiantes del grado 8 del área rural.

4.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar las ideas previas de los estudiantes del grado 8 del área rural acerca del concepto de herencia mediante el diseño de un instrumento de ideas previas.
- Determinar los diferentes modelos y obstáculos epistemológicos de los estudiantes del grado 8 del área rural sobre el concepto de herencia.
- Comparar los modelos explicativos y los obstáculos entre los estudiantes del grado 8 del área rural y urbana acerca del concepto de herencia.
- Diseñar una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto de herencia por medio de estrategias metacognitivas y de lenguaje.

5.Marco teórico

A continuación se presenta una revisión sobre aspectos que orientan el desarrollo de la unidad didáctica, los temas a tratar son: ideas previas, obstáculos en el aprendizaje, modelos mentales, metacognición y lenguaje; así como el desarrollo histórico-epistemológico y los modelos propuestos acerca del concepto de herencia.

5.1 Ideas previas

“Durante muchos años los profesores han desempeñado su trabajo como si la mente de sus alumnos fuese receptáculos vacíos en los que había que colocar el conocimiento. Sin embargo, hoy sabemos que los alumnos mantienen un conjunto diverso de ideas previas o preconcepciones sobre los contenidos científicos que casi siempre son erróneas y se reconoce unánimemente que estas ideas previas son uno de los factores clave que, deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje significativo de las ciencias” (Campanario & Otero, 2000).

Aunque, como señala Giordan (1996) citado por Campanario y Otero (2000), en un principio, las ideas previas de los alumnos recibieron denominaciones con claras connotaciones negativas como: concepciones erróneas, preconcepciones y errores conceptuales, poco a poco se ha pasado a una terminología menos negativa como: teorías espontáneas, ciencia intuitiva, marcos alternativos y concepciones espontáneas, concepciones alternativas. Este cambio terminológico no es trivial y refleja el cambio de mentalidad que se ha producido entre la comunidad investigadora sobre la naturaleza de las ideas previas y su papel en el aprendizaje.

Los investigadores en enseñanza de las ciencias comenzaron a estudiar las ideas previas de los alumnos, motivados en gran parte, por la recomendación de Ausubel sobre la importancia de elegir los conocimientos previos de los alumnos como punto de partida

para la instrucción (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983 citados por Campanario y Otero 2000). De esta manera, la construcción de las ideas previas se encuentra relacionada con la interpretación de fenómenos naturales y conceptos científicos, para brindar explicaciones, descripciones y predicciones (Camacho, *et al.*, 2004).

Según los estudios de Driver (1988) “las ideas previas de los niños de educación primaria, permanecen por períodos largos de tiempo en los sujetos, son difíciles de modificar debido a su coherencia”; se trata de construcciones personales como mencionan tanto Giordán y Vecchi (1988) como Porlán (1993) en razón de que los sujetos interiorizan su experiencia de una forma propia, construyen sus propios significados experienciales. Viennot, (1979); Driver (1973); Pfundt y Duit (1991), citados por Tamayo *et al.*, (2011) definen idea previa como aquellos conceptos que traen los estudiantes antes de adquirir un conocimiento formal. Dichas ideas se adquieren en diferentes contextos ya sea cultural, familiar, escolar o social, entre otros. Éstas no deben considerarse como erróneas; por lo tanto, es importante que el maestro entienda las ideas que tiene el estudiante, porque éstas ideas son diferentes de las establecidas por el conocimiento científico y hay que indagar su origen y planear nuevas estrategias para modificarlas.

Carretero (1997) define las ideas previas como construcciones personales que forma el estudiante durante su cotidianidad y experiencia. Suelen tener un nivel de especificidad: pueden constituir representaciones difusas y más o menos aisladas o pueden formar parte de un modelo mental explicativo. Para Bello (2004) las ideas previas “Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada” y “son el primer obstáculo en la formación del espíritu científico” (Bachelard, 1976).

Tamayo (2009) se refiere a las ideas previas como “concepciones alternativas que “se refieren a las nociones que los alumnos traen consigo antes del aprendizaje formal de una determinada materia”. Para algunos autores las ideas de los estudiantes suelen estar fragmentadas, no tienen estructura bien definida y delimitada, son con frecuencia de naturaleza intuitiva. Los estudiantes, en general, no son conscientes de tener esas concepciones, las cuales no desaparecen con facilidad”. Bello (2004) sustenta que “uno de los grandes problemas al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia en los alumnos de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos”

Campanario y Otero (2000) plantean que las ideas espontáneas de los alumnos se caracterizan, en primer lugar, por ser casi siempre científicamente incorrectas, lo cual ha contribuido sin duda al gran desarrollo de la investigación en esta área. “Es razonable, en cierta medida, que las ideas previas sean científicamente inadecuadas porque lo contrario haría innecesario el gran esfuerzo de abstracción y lucha contra el sentido común que implica la construcción de la ciencia. Otro rasgo de las ideas previas es su carácter inconexo y a veces contradictorio: un mismo alumno puede explicar el mismo fenómeno desde varios puntos de vista inconsistentes entre sí” (Pozo & Carretero, 1987).

Algunas de las principales características de las ideas previas según Camacho *et al.*, (2004), Chamizo (2005) y McDermott (1984) citado por Mora & Herrera (2009):

“Se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas”.

- “Son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos las personas no son conscientes de sus ideas y explicaciones”.
- “Por lo general, se encuentran indiferenciadas de otros conceptos por lo que presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas”.
- “La mayoría son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo (el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa)”.
- “Las ideas previas en una misma persona pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes”.
- “Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia, incluso cuanto la instrucción es reiterada”.
- “Guardan cierta semejanza con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia”.
- “Se originan a partir de las experiencias de las personas con relación a fenómenos cotidianos, a la correspondencia de interpretación con sus pares y a la enseñanza que se ha recibido en la escuela”.
- “Interfieren con la instrucción científica”.
- “Parecen dotadas de cierta coherencia interna”.

Los conocimientos previos, muestran una serie de características relacionados con el origen que tengan, por lo cual los clasifican en tres grupos: concepciones espontáneas, “Se forman a partir de las percepciones sensoriales que tienen los niños acerca del mundo que les rodea y de hechos de la vida cotidiana”; concepciones inducidas, “Son

creencias generadas por la socialización con diferentes grupos, principalmente por el entorno familiar, además de la influencia de los medios de comunicación”; y concepciones analógicas, “Son comparaciones que el niño realiza con los hechos que suceden en su vida cotidiana, los cuales intenta comparar y formar analogías para tratar de comprender un concepto considerado complejo, pero hay que tener en cuenta que allí no se forma una definición científica del término, sino que se hacen comparaciones, para explicar el concepto” (Mora 2002).

Vygotsky (1996) citado por Mora y Herrera (2009), propone que “los conceptos científicos y los espontáneos (ideas previas) se desarrollan en dirección inversa: comienzan apartados y avanzan hasta encontrarse. El niño toma conciencia de sus conceptos espontáneos relativamente tarde, la aptitud para definirlos con palabras, para operar con ellos según su deseo, surge mucho tiempo después de haber adquirido los conceptos. Posee el concepto (conoce el objeto al cual se refiere), pero no es consciente de su propio acto de pensamiento”. El desarrollo de un concepto científico, por otra parte, comienza generalmente con su definición verbal y el uso de operaciones no espontáneas, trabajando con el concepto mismo, que comienza su vida en la mente infantil en un nivel que sus conceptos espontáneos alcanzan solamente más tarde (Mora & Herrera 2009).

Para Rayas (2004), “las ideas previas son trascendentales en el desarrollo de los diversos enfoques desde didáctico –pedagógicos, social, cultural y cognitivo que puedan posibilitar a los alumnos de una manera integral, así como en el desarrollo de su pensamiento, las habilidades para aprender, y la construcción de conocimientos relevantes para la vida; promoviendo su avance, desde los planteamientos de los propios protagonistas del proceso es decir de quienes aprenden y enseñan Ciencias Naturales”.

“A partir de los estudios realizados sobre ideas previas han surgido diferentes enfoques en torno al aprendizaje de las Ciencias Naturales como el cambio conceptual, centrando los procesos en transformaciones conceptuales, cognitivas y epistemológicas en los estudiantes; que implican un cambio en su pensamiento, que los lleven a utilizar eficazmente los conocimientos científicos; este cambio implica una transformación cognitiva, que tiene lugar en la mente de los alumnos cuando aprenden” (Rayas, 2004).

5.2 Obstáculos

Brousseau (1986) citado por Malisani (1999) expone que “la noción de obstáculo está relacionada con la idea de aprendizaje por adaptación; ciertos conocimientos de los alumnos están ligados a otros conocimientos anteriores que a menudo son provisorios, imprecisos y poco correctos”. Para Bachelard (1976) citado por Astolfi (1998), “El obstáculo es un tipo de conocimiento ya disponible, a menudo instalado desde hace mucho tiempo en nuestra cabeza y que ya no percibimos como tal. Lejos de ser una dificultad mental, resulta de una facilidad intelectual que nos otorgamos, muy a menudo sin ser ya conscientes de ello”.

Castro *et al.*, (2006), clasifican los obstáculos en tres grupos de acuerdo a su origen:

- "Ontogenético: Hacen referencia a las limitaciones neurofisiológicas del sujeto.
- Didáctico: Dependen del tipo de enseñanza que se imparte en el sistema educativo.
- Epistemológico: Se encuentran ligados a la naturaleza del conocimiento mismo y que son propios de él, se repiten en la historia, muestran su persistencia y dificultad para evolucionar, es decir los obstáculos en el sentido de Bachelard."

Duroux (1983) citado por Malisani (1999) establece una serie de condiciones que debe satisfacer un obstáculo para que sea considerado de tipo epistemológico:

“Un obstáculo es un conocimiento, una concepción, no una dificultad o falta de conocimiento; Este conocimiento produce respuestas correctas en un determinado contexto que el alumno encuentra a menudo; Pero genera respuestas falsas fuera del contexto; Este conocimiento se manifiesta resistente a las contradicciones (a las cuales se confronta) y a la sistematización de un conocimiento mejor; Después de la toma de conciencia de su falta de precisión, este conocimiento continúa a manifestarse de manera intempestiva y obstinada”.

Para Mora (2002) "los obstáculos epistemológicos son las limitaciones que afectan la capacidad de los individuos para construir un conocimiento real, lo que no permite la adquisición de conocimiento científico de una manera correcta". De acuerdo con Bachelard (1976) citado por Mora (2002), se presentan cinco tipos de obstáculos:

- "Los conocimientos previos: Hace referencia a las ideas previas que construyen los estudiantes para hacer referencia a los fenómenos que ocurren en la cotidianidad.
- El obstáculo verbal: Hace referencia a la interpretación y uso de las palabras.

- El peligro de la explicación por la utilidad: Hace referencia a la explicación que da el individuo de un concepto mediante su utilidad o relacionándolo con sus cualidades.
- El conocimiento general: Hace referencia a la generalización de los conceptos.
- El obstáculo animista: Hace referencia a la explicación de conceptos por medio de fenómenos biológicos o físicos relacionados con la vida".

Existe gran cantidad de evidencia que demuestra que las ideas previas son un obstáculo importante para la adquisición de los conceptos científicos (Mora & Herrera 2009), por tal motivo es importante identificar el origen de los obstáculos dado que según Castro *et al.*, (2006), "permiten determinar la acción a realizar en el estudiante, maestro y saber y de esta manera lograr superar el obstáculo". Así mismo, Velásquez (2011) propone que "la identificación de los obstáculos epistemológicos, es el punto de partida para que los docentes planeen diferentes actividades de enseñanza y así lograr la creación de una unidad didáctica, en donde se logre aprendizajes en profundidad".

5.3 Modelos mentales

El término modelo mental ha sido ampliamente definido en los últimos años: Vosniadou, (1994) citado por Tamayo (2006) define al modelo mental como "representaciones dinámicas generativas que pueden ser manipuladas mentalmente para proveer explicaciones causales de fenómenos físicos y hacer previsiones sobre estado de cosas del mundo físico"; Tamayo y Sanmartí, (2002) proponen que "los modelos mentales son lo que la gente tiene realmente en su mente y que le guía el uso de las cosas".

El pionero en los estudios relacionados con los modelos mentales fue Jhonson-Laird, (1983) quien planteó que "la representación mental es un modelo, que estructura la realidad en distintos niveles de conocimiento, y, no son idénticos a la realidad"; además sostuvo que "los modelos mentales no son completos para entender un suceso o fenómeno empírico; sin embargo, son útiles porque permiten entender una parte de la realidad".

Con base en sus planteamientos Jhonson-Laird, (1983) propuso que los modelos mentales cumplen con las siguientes condiciones:

- "Su estructura no es arbitraria, corresponde a la estructura de la situación que representa, un estado de cosas o hechos reales o imaginarios.
- Los elementos corresponden a entidades perceptibles, pueden ser concebidos como una imagen, perceptible o imaginaria.
- No contiene variables, representan entidades específicas".

A partir de esto, se postula que "el razonamiento científico está basado en modelos. Los modelos mentales, por lo tanto, constituyen una representación o «estructura análoga» del mundo-real o de una situación-imaginada específica. Un modelo mental construye a su vez imágenes, que corresponden también a modelos mentales particulares y constitutivos de ese modelo mental (es decir, un modelo contiene submodelos). Se pueden representar principalmente a partir de tres fuentes: de percepción visual, analógica y sobre experimentos del pensamiento" (Orellama, M. *et al.*, 2006).

De igual manera, Orellama, M *et al.*, (2006) propuso que la utilidad del concepto del modelo mental esta en comprender que la realidad es entendida por modelos mentales formados en las personas; de los cuales Johnson-Laird, 1983 citado por Tamayo (2006), identifica tres tipos:

- "Representaciones proposicionales: Son de tipo lenguaje, además son abstractas, discretas y se pueden expresarse de forma verbal; pueden considerarse falsas o verdaderas respecto al mundo.
- Representaciones analógicas: Son consideradas como una perspectiva del modelo mental, son idiosincrásicas, específicas, y pueden ser olfativas, visuales, táctiles, auditivas, entre otras.
- Modelos mentales: Son análogos estructurales de una situación del mundo real o imaginario; son dinámicos y generativos, son los medios con que los científicos representan el mundo tanto para sí mismo como para los demás".

"El uso de nuestras representaciones no se circunscribe a ambientes específicos, las empleamos para la resolución de cualquier problema, bien sea este del ámbito educativo, familiar o laboral" (Rivière, 1986 citado por Tamayo & Sanmartí, 2002); por tal motivo "la identificación de los modelos mentales de los estudiantes tiene como propósito central reconocer los obstáculos que ellos tienen frente al aprendizaje de los conceptos enseñados por los profesores, de tal manera que se constituyen en punto de partida del actuar de los profesores en el aula" (Orrego *et al.*, 2012).

5.4 Metacognición

Bustingorry y Mora (2008) consideran que “en los últimos años se ha incrementado notablemente la preocupación de educadores y psicólogos por abordar el problema del aprendizaje y del conocimiento desde la perspectiva de una participación activa de los sujetos, cuyo eje básico lo constituyen: la reflexividad, la autoconciencia y el autocontrol. En este contexto, se hace cada vez más necesario que niños, adolescentes y jóvenes mejoren sus potencialidades a través del sistema educativo formal “aprendiendo a aprender” y “aprendiendo a pensar”, de manera tal que, junto con construir un aprendizaje de mejor calidad, éste trascienda más allá de las aulas y les permita resolver situaciones cotidianas; en otras palabras, se trata de lograr que los estudiantes sean capaces de auto dirigir su aprendizaje y transferirlo a otros ámbitos de su vida”.

Para lograr los objetivos de “aprender a aprender” y “aprender a pensar”, en los últimos años se ha revelado como especialmente eficaz la formación de los educandos en la adquisición y utilización oportuna de estrategias de aprendizaje cognitivas, entre las cuales se destacan las orientadas al autoaprendizaje y al desarrollo de las habilidades metacognitivas (Bustingorry & Mora, 2008).

Siguiendo a Gunstone y Mitchell (1998) citados por Tamayo (2009) “el estudio de la metacognición aborda tres aspectos generales: *conocimiento*, *conciencia* y *control* sobre los propios procesos de pensamiento. *El conocimiento metacognitivo* es el conocimiento que tienen las personas sobre sus propios procesos cognitivos; son conocimientos de naturaleza diferente que pueden referirse, según Flavell (1979) a los conocimientos sobre las personas, sobre las tareas o sobre las estrategias. Un estudiante que conozca en forma adecuada sus procesos cognitivos puede “hablar” o “reflexionar” sobre sus procesos de pensamiento propios y/o de los demás”.

Flavell (1979) uno de los pioneros en la utilización de este término, afirma que la metacognición, por un lado, se refiere “al conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o cualquier otro asunto relacionado con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información relevantes para el aprendizaje” y, por otro, “a la supervisión activa y consecuente regulación y organización de estos procesos, en

relación con los objetos o datos cognitivos sobre los que actúan, normalmente en aras de alguna meta u objetivo concreto”.

Autores como Weinert (1987) citado por Crespo (2004) sostienen que “la metacognición en su sentido más general (cognición sobre la cognición) es un término de segundo orden que resulta conceptualmente claro; no obstante, una vez que se realiza su aplicación a campos específicos, pierde su unicidad y nitidez”.

Según Glaser (1994) citado por Bustingorry y Mora (2008) “la metacognición es una de las áreas de investigación que más ha contribuido a la configuración de las nuevas concepciones del aprendizaje y de la instrucción. A medida que se han ido imponiendo las concepciones constructivistas del aprendizaje, se ha ido atribuyendo un papel creciente a la conciencia que tiene el sujeto y a la regulación que ejerce sobre su propio aprendizaje”.

“Así, por ejemplo, se practica la metacognición cuando se tiene conciencia de la mayor dificultad para aprender un tema que otro; cuando se comprende que se debe verificar un fenómeno antes de aceptarlo como un hecho; cuando se piensa que es preciso examinar todas y cada una de las alternativas en una elección múltiple antes de decidir cuál es la mejor, cuando se advierte que se debería tomar nota de algo porque puede olvidarse” (Bustingorry & Mora, 2008).

Carretero (2001) por una parte, se refiere a la metacognición como “el conocimiento que las personas construyen respecto del propio funcionamiento cognitivo. Un ejemplo de este tipo de conocimiento sería saber que la organización de la información en un esquema favorece su recuperación posterior. Por otra, asimila la metacognición a operaciones cognitivas relacionadas con los procesos de supervisión y de regulación que las personas ejercen sobre su propia actividad cognitiva cuando se enfrentan a una tarea. Por ejemplo, para favorecer el aprendizaje del contenido de un texto, un alumno selecciona como estrategia la organización de su contenido en un esquema y evalúa el resultado obtenido”.

Sanmartí (2002) combina el conocimiento que tienen las personas sobre sus propios procesos cognitivos con lo que permite regularlos, cuando afirma que: “El concepto de metacognición tiene distintas acepciones. Una de las posibles definiciones se relaciona con la capacidad de las personas para: Tomar conciencia de las actividades cognitivas

que realiza y de sus resultados (tanto de su forma de razonar como de las ideas que genera, de los procedimientos que aplica o de sus emociones)”.

“El conocimiento y la regulación de la cognición parecer abarcar una amplia variedad de objetos, áreas y dominios; es decir, es un fenómeno de dominio general en el cual las habilidades cognitivas tienden a encapsularse dentro de dominios o áreas específicas, mientras que las habilidades metacognitivas se extienden por múltiples dominios, aun cuando estos tengan poco en común” (Gourgey, 1998 en Tamayo, 2009).

Para Campanario, *et al.*, (1998), “cualquier estrategia cognitiva que pueda utilizarse también para controlar el estado de los propios conocimientos o el estado de la propia comprensión tiene una dimensión metacognitiva. Cuando un alumno se da cuenta de que le resulta más fácil resolver problemas de Física que contestar preguntas abiertas, o se da cuenta de que sus ideas sobre la validez de un determinado enfoque para la solución de problemas no son adecuadas, está aplicando estrategias metacognitivas. Cuando un alumno intenta formular las ideas principales de un texto con sus propias palabras para comprobar que ha entendido la lección, está aplicando estrategias metacognitivas”. “La conceptualización de las estrategias metacognitivas, además de estar definidas como un componente de las estrategias de aprendizaje, pasa por una previa consideración sobre qué se entiende por metacognición” (Martínez, 2004).

Ausubel colocó el énfasis en la idea del aprendizaje significativo y sostiene que, “para que éste ocurra, el alumno debe ser consciente de que él debe relacionar las nuevas ideas o informaciones que quiere aprender, a los aspectos relevantes y pertinentes de su estructura cognoscitiva (principio de la inclusión). Esto debe realizarse en forma no arbitraria, no al pie de la letra, sino substancialmente. Para que ello sea posible se deben cumplir ciertos requisitos, siendo los más importantes: a) el material a ser aprendido debe ser potencialmente significativo, esto quiere decir que, por ejemplo, no se pueden enseñar significativamente listas de palabras sin sentido, las cuales, al no tener significado inherente, no podrán ser relacionadas con otros conceptos ya existentes (conocimiento previo) en la estructura cognoscitiva; b) el que está aprendiendo debe poseer conceptos y proposiciones relevantes en su estructura cognoscitiva, que sean capaces de actuar como «base de anclaje» para las nuevas ideas a ser asimiladas; c) el que está aprendiendo debe elegir relacionar intencionadamente el material en potencia significativo en forma no

arbitraria y substantiva con la estructura cognoscitiva que él ya posee. Si alguna de estas condiciones falla, el aprendizaje significativo también se verá afectado” (Parolo *et al.*, 2004).

Campanario (2000) considera que “determinados recursos y actividades tienen carácter metacognitivo en la medida en que en su desarrollo son compatibles o inciden en algunos de los aspectos siguientes:

- a) Conocimiento o control del propio conocimiento (ideas previas) o procesos cognitivos (estrategias de pensamiento y estrategias de aprendizaje).
- b) Autorregulación cognitiva, incluyendo el control del estado actual de la propia comprensión.
- c) Ideas adecuadas sobre la estructura, producción y organización del conocimiento, incluyendo las relaciones entre partes aparentemente diferenciadas de un área determinada y, en el caso del conocimiento científico, ideas adecuadas sobre el carácter a menudo contraintuitivo de dicho conocimiento y sobre el papel de los conocimientos previos, de la observación o de la experimentación en la creación de nuevo conocimiento”.

“Según estos planteamientos, la creación de una cultura estratégica en el salón de clase, basada en el aprendizaje de las estrategias cognitivas y metacognitivas, permite a los estudiantes no solo apropiarse de una manera significativa de los contenidos escolares, sino adquirir la habilidad de gestionarlos autónomamente y dirigir el propio proceso de aprendizaje de una manera eficiente” (Klimenko & Alvares, 2009).

“Actualmente toda la comunidad educativa acepta que la metacognición es una de las bases para generar en los estudiantes habilidades de pensamiento, autorregulación frente al aprendizaje, transferencia de capacidades y, sobre todo, potenciar en ellos el ser personas preparadas para el aprendizaje durante toda la vida” (Hinton, 2005 citado por Puebla y Talma, 2012). Por otra parte, la metacognición también “puede ser un aporte para la profesión pedagógica desde el punto de vista de la “actitud metacognitiva” frente a la “acción en el aula”. Este concepto apunta a la actitud reflexiva, autocrítica, autoevaluativa y autorreguladora que debiera tener el profesor antes, durante y después de su intervención en el aula. Es decir, la habilidad y capacidad de reconocer todos los

elementos que interactúan en la acción pedagógica, evaluarlos y plantear las transformaciones, incluso personales, pertinentes para alcanzar los objetivos esperados” (Kundin, 2010 citado por Puebla y Talma, 2012).

5.5 Lenguaje

Según Novak y Gowin, (1988) “el aspecto más distintivo del aprendizaje humano es nuestra notable capacidad de emplear símbolos orales o escritos para representar las regularidades que percibimos en los acontecimientos y los objetos que nos rodean”, es así como las personas expresan sus pensamientos y sentimientos y dan sentido a las observaciones que hacen del mundo que los rodea.

De acuerdo con los planteamientos hechos por Dewey, (1989) “el individuo usa un punto de referencia que le ayuda a comprender y tratar la nueva experiencia, relacionándola con su experiencia anterior, ya que un significado es un instrumento para la comprensión y aprehensión de otros significados”.

“Piaget en sus investigaciones aportó muchos elementos al respecto, de cómo el niño comienza a desarrollar su proceso de pensamiento, partiendo de los significados que dan a las palabras y su relación con lo que realmente son” (Flavell, 1982).

“El lenguaje interviene en forma predominante no sólo en la transferencia de información y conocimientos sino, y muy especialmente, en la relación del pensamiento con la acción, para guiar discusiones, consolidar experiencias compartidas y aprender nuevos conceptos”. (Gómez y Sanmartí, 2000).

“El funcionamiento del sistema cognitivo es un funcionamiento muy automático, muy inmediato, muy poco costoso desde el punto de vista cognitivo. Por lo tanto, si comparamos los problemas que hay para que un programa o modelo científico se conozca, se aplique adecuadamente, todos los supuestos y condiciones que hay que respetar, con la facilidad con que el conocimiento cotidiano corre y funciona en la vida diaria, sin tanto rigor, sin tanto cuidado, convendremos en que no es tan fácil desechar el conocimiento cotidiano. El conocimiento cotidiano se basa en reglas asociativas simples,

intuitivas, de pensamiento causal; es un conocimiento que va a tener un fuerte uso y una fuerte relación con la vida cotidiana y además viene perpetuado, mantenido por la cultura, por las formas de hablar en nuestra sociedad” (Pozo, J. 1999)

Los niños no tienen un amplio manejo de la lengua, un léxico propio de los temas que se manejan en la enseñanza. En materia por ejemplo de la herencia, no hay un dominio del tema, no hay un lenguaje fluido, ni convincente con apropiadas expresiones propias del tema.

Se puede afirmar que es una responsabilidad y una obligación de las escuelas y colegios, así como de sus maestros, suministrar los espacios, los procesos, procedimientos y las estrategias para lograr en los niños una mejora en su dominio de las herramientas escritas y orales, ya que esto les facilitará apropiarse del conocimiento, aprehenderlo y sobre todo poderlo comunicar con mayor solvencia lingüística. Entre estas estrategias destacan las de tipo metacognitivo, las cuales serán abordadas en el presente estudio.

5.6 Evolución conceptual

"La evolución conceptual, desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, reconoce la existencia de ideas en los estudiantes, las cuales son relativamente coherentes, comunes en contextos culturales y difíciles de cambiar; y la existencia del conocimiento científico" (Tamayo, 2006). Tamayo (2006) propone que "en el ámbito de la enseñanza de las ciencias existe acuerdo generalizado sobre la importancia de favorecer el cambio de aquellas ideas, de tal manera que se acerquen más a los conocimientos científicos".

Chi, (2003) citado por Bello (2004) define el cambio conceptual como "el proceso de reparar ideas previas, a través de reasignar la categorización de un concepto, pasándolo de una categoría ontológica a otra. En cambio, al proceso de reparar preconcepciones le llama "reorganización conceptual". Según Strike y Posner citado por Bello (2004) se requieren las siguientes condiciones para el cambio conceptual:

- "Es preciso que el estudiante sienta insatisfacción con sus concepciones existentes."
- "La nueva concepción debe ser mínimamente entendida".

- "La nueva concepción debe parecer desde el inicio plausible (aceptable, tomando en cuenta sus posibles aspectos contraintuitivos)".
- "La nueva concepción debe ser fructífera (fecunda, amplia, es decir aplicable a un gran grupo de fenómenos o eventos; resolver los problemas creados por su predecesora y explicar nuevos conocimientos y experiencias)".

Para Tamayo *et al.*, (2011) "una característica importante para que se desarrolle la evolución conceptual, es la modificación de los procesos de enseñanza del docente y de aprendizaje del estudiante, debido a que el docente se hace consciente la manera como aprenden sus estudiantes y el niño adquiere el nivel de conciencia sobre su aprendizaje"; Tamayo *et al.*, (2011) menciona algunas razones sobre la importancia de involucrar la evolución conceptual en la unidad didáctica:

- "Permite evaluar de manera constante todo el proceso de la UD y de cada uno de los componentes".
- "Permite la transformación de los modelos mentales originados por el conocimiento común de los fenómenos científicos tanto del docente como de los estudiantes".
- "Propicia el desarrollo de la creatividad a través de la aplicación de diversas estrategias cognitivas y metodológicas".
- "Se da la transformación del aula en un grupo que aprende la ciencia a partir del aprendizaje cooperativo".

5.7 Unidad didáctica

Para Rodríguez (2004) la unidad didáctica "es una herramienta que permite al docente organizar todos los actos didácticos, darles coherencia, visualizar una evaluación congruente con los objetivos propuestos, tomar en cuenta la realidad social del estudiante, su nivel académico y su capacidad de respuesta". García (1997) propone que la unidad didáctica es "un conjunto integrado, organizado y secuencial de los elementos básicos que conforman el proceso de enseñanza-aprendizaje con sentido propio, unitario y completo que permite al estudiante, tras su estudio, apreciar el resultado de su trabajo".

Según García, J. y Nano, J (2000) citado por Rodríguez (2004), la unidad didáctica se caracteriza por:

- "Ser un instrumento de planificación o programación que permite organizar práctica educativa".
- "Ser una unidad de trabajo que contiene la planificación de un proceso enseñanza-aprendizaje que engloba los elementos curriculares: objetivos, contenidos, actividades, metodología, evaluación".
- "Ser un conjunto de experiencias de aprendizaje que contienen la concreción de los contenidos a desarrollar y las actividades que deben realizarse".
- "Articular y ajustar el proceso de enseñanza-aprendizaje al grupo-clase".

De igual manera Rodríguez (2004) propone que las unidades didácticas tienen el objetivo de:

- "Eliminar la dependencia excesiva a la improvisación".
- "Favorecer la eliminación de programas incompletos".
- "Evitar la pérdida de tiempo y rentabilizar al máximo los esfuerzos".
- "El diseño grupal que resulta más enriquecedor".
- "Adaptar el trabajo didáctico a los contextos de cada institución educativa".

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente cabe anotar lo propuesto por Martínez y Martínez (1994) citado por Rodríguez (2004) "El diseño de la Unidad Didáctica supone la construcción de la teoría de un caso único, basada en la búsqueda en los rasgos específicos de la situación que se vive en el aula y en la elaboración de un plan estratégico de intervención que funciona como hipótesis interpretativa del contexto concreto de cada clase". Para Tamayo *et al.*, 2011 "El modelo de unidad didáctica se basa en el modelo constructivista, en el cuál se integra aspectos como: historia y epistemología de los conceptos, las ideas previas de los estudiantes, la reflexión metacognitiva, los múltiples lenguajes que incluyen las tics y el proceso de evolución conceptual como aspecto que permite una evaluación formativa".

Por tal motivo se propone que el diseño de unidades didácticas se ha convertido en una herramienta útil y ampliamente utilizada en la actualidad, dado que permite que los docentes indaguen en búsqueda de ideas previas, modelos mentales y obstáculos epistemológicos en los estudiantes, para que en base en estos se construyan actividades metacognitivas que permitan la construcción de conocimientos científicos y lleven los estudiante evolucionen conceptualmente.

El presente trabajo se desarrollará a partir del modelo de unidad didáctica descrito por Tamayo *et al.*, 2011; consta de cinco partes: obstáculos encontrados, objetivos, actividades, reflexión del aprendizaje y evaluación, lo anterior con el objetivo de lograr aprendizajes en profundidad y evolución conceptual en los estudiantes del grado octavo del área rural acerca del concepto de herencia, permitiendo superar los obstáculos identificados.

5.8 Desarrollo histórico-epistemológico del concepto de herencia

A continuación se presenta una reconstrucción histórica acerca de la construcción del conocimiento científico del concepto de herencia, incluyendo los aportes realizados por diversos autores y su contribución al conocimiento en el área de la biología antes de conocer el material hereditario y después de su descubrimiento:

Primeros planteamientos acerca de la herencia

Una de las primeras teorías propuestas acerca de la herencia de caracteres fue la **pangénesis** por Hipócrates (460- 377 a.C.), proponía cómo los niños heredaban características de sus progenitores; planteaba que “pequeños elementos representativos de todas las partes del cuerpo paterno se concentraban en el semen y que estos elementos se transmiten a la prole en el momento de la concepción, para luego dar origen a las partes correspondientes en el embrión”. Durante esta época se creía en la herencia de características adquiridas, donde los rasgos que cada individuo adquiría durante su vida podrían ser transmitidos a sus descendientes (Mardarás, *et al.*, 2012).

Posteriormente, Aristóteles (384-322 a.C.) rechazó lo plateado por Hipócrates y propuso que “el semen paterno contenía un plan con instrucciones precisas para modelar la sangre “informe” de la madre, es decir tenía presente la necesidad de la transmisión de información para el desarrollo embrionario. Consideraba que tanto los machos como las hembras contribuían en la descendencia y que existía una controversia en el aporte de ambos sexos” (Pierce, 2005); para Aristóteles lo que se hereda no son los rasgos sino el potencial para producirlos, sin embargo, a pesar del acercamiento de este planteamiento al concepto moderno de gen, no se le dio gran importancia (Novo Villaverde, 2007).

Durante esta época no había nociones básicas sobre los gametos, reproducción sexual o meiosis, lo que dificultó tanto el poder explicar las concepciones de la herencia. Se podría pensar que fue por esta razón que la propuesta de Aristóteles quedó en el olvido durante más de veinte siglos, y que recobro su importancia con la invención del microscopio, ya que este permitió ampliar la frontera intracelular que antes no se había podido tener en cuenta.

Hacia mediados del siglo XVII Anton van Leeuwenhoek, un comerciante de telas holandés sin ninguna preparación científica, utilizando microscopios simples de fabricación propia describió protozoos, bacterias, glóbulos rojos y en 1677 menciona por primera vez los espermatozoides en una carta enviada a la Royal Society, en la que habla de *animálculos* muy numerosos en el esperma (Porter, 1976).

Durante esta misma década, el médico Reinier de Graaf propuso que “los nuevos individuos se preformaban dentro del cuerpo materno y que el padre solo proveía la “chispa vital” necesaria para comenzar el desarrollo del embrión”, esta teoría fue aceptada en la época para explicar la herencia y fue conocida como la teoría del **preformacionismo o preformista**, que además sostenía que todas las generaciones de la humanidad se encontraban preformadas, unas dentro de otras y asignaba el nombre de Homúnculo al diminuto organismo, palabra proveniente del latín *homunculus* que significa ‘hombrecillo’ (Mardarás *et al.*, 2012).

A principios del siglo XIX los partidarios del preformacionismo se dividían en dos grupos: “**animalculismo o espermistas** quienes defendían que el organismo preformado se encontraba en el espermatozoide, y **ovismo** aquellos que lo situaban en el óvulo sin

fecundar. Ambas explicaciones implicaban que todos los rasgos provenían de un solo progenitor” (Pierce, 2005). A mediados del siglo XIX los trabajos realizados en plantas demostraron que independientemente del polen que fecunde el óvulo, ambas contribuían a las características de la nueva planta, lo que dejaría sin fundamento a las explicaciones de los ovistas y espermitas (Mardarás *et al.*, 2012).

El zoólogo Jean Baptise Lamarck en 1809 publico su libro “*Filosofía Zoológica*” donde argumentó que las adaptaciones de los seres vivos al medio ambiente, se fijan y se propagan a las generaciones sucesivas, es decir, que estos caracteres son heredables y los llamo **caracteres adquiridos**; estos caracteres aparecían como respuesta a las necesidades de la especie resultado de la lucha con el medio. Lamarck propuso que el tamaño y fijación de estas características dependían de lo que é denomino “el uso y falta de uso” lo cual se hereda de a través de las generaciones (Ville,1996).

Darwin en 1856 retomó la teoría de la pangénesis propuesta por los griegos e indicó que “las células del cuerpo de un organismo emiten pequeñas gémulas, que se comportan como entidades independientes que son almacenadas en los órganos reproductores y en el momento de la fecundación, la unión de los gametos provoca la mezcla de las gémulas de los dos progenitores”. Con este modelo explicativo ya se separaban dos niveles, por un lado el de la manifestación del carácter y por el otro el de su transmisión. De esta manera se sentarían las bases para la introducción de los conceptos de **fenotipo y genotipo** propuestos unos 50 años más tarde por el botánico danés Whilhen Johannsen (Mardarás *et al.*, 2012).

A finales del siglo XIX la hipótesis más ampliamente conocida para explicar la herencia fue la **herencia mezcladora**, la cual proponía “cuando se combinan los óvulos y los espermatozoides, se produce una mezcla de material hereditario que resulta en una combinación semejante a la mezcla de dos tintas de diferentes colores. Según esta hipótesis, podría predecirse que la progenie de un animal negro y de uno blanco sería gris y que, a su vez, su progenie también lo sería, pues el material hereditario blanco y negro, una vez mezclado, nunca podría separarse de nuevo.” (Curtis, 2000).

Hacia finales del siglo XIX August Weismann (1834-1914) comprobó que la teoría propuesta por Darwin era errónea, llevó a cabo un experimento donde le cortó la cola a

ratones durante 22 generaciones sucesivas, observando que en ningún caso el tamaño de las colas disminuía al nacer. Con este experimento se sepultó la teoría de los caracteres adquiridos y planteó la **teoría del germoplasma**. “Diferenciaba entre el “plasma germinal”, que se trasmite de generación en generación, y el “plasma somático” que constituye el cuerpo de los organismos. Ambos factores serían independientes de modo que, cualquier modificación que sufriera el plasma somático no sería transmitida a los descendientes” (Mardarás *et al.*, 2012). Según George Beadle en su libro *Introducción a la Nueva Genética* “Weismann afirmaba que debía existir algún tipo de división nuclear mediante la cual cada célula hija recibe sólo la mitad del plasma germinal de la célula progenitora”. Su conclusión era que la herencia se transmitía únicamente a través de las células germinales. Su propuesta no tenía comprobación experimental.

Los microscopios pasaron de ser simples a compuestos (de tener una sola lente se pasó a usar una serie de lentes) se aumenta el poder de resolución, y también se combinan lentes de diferentes tipos de cristales, y por tanto con diferentes índices de refracción, con lo cual se logran observaciones cada vez más detallada hacia el interior celular, así como la introducción de los métodos de fijación y coloración. Estas mejoras tecnológicas fueron muy importantes porque contribuyeron al reconocimiento de las estructuras en el interior celular. En 1866, Ernst Haeckel, un zoólogo alemán fue el primer científico en distinguir entre seres **unicelulares y pluricelulares**, entre **protozoos y metazoos**, planteó que el **núcleo** era de gran importancia en la **transmisión de características** de una generación a la siguiente (Mardarás *et al.*, 2012).

- **1856-1866.**

Gregor Mendel, 1860, un monje conocido como el **padre de la genética** cultivó plantas de guisante con el objetivo de aparear, o *cruzar* estas plantas con diferentes características hereditarias y determinar el patrón de transmisión de dichas características a los descendientes, en un pequeño jardín en los terrenos del monasterio austriaco donde vivía analizando con detalle siete pares de características de la semilla y la planta claramente definibles, cada uno de los cuales aparecía en dos formas alternativas que podían identificarse con claridad. Después de varios años, Mendel llegó a las siguientes conclusiones (Karp, 1998):

1. "Las características de las plantas eran gobernadas por factores (o **unidades**) de herencia, que más tarde llamó genes. Cada planta poseía dos copias del gen que controla el desarrollo de cada rasgo, uno derivado de cada progenitor. Los dos genes podían ser idénticos o no idénticos entre sí. Posteriormente estas dos formas alternativas de genes se denominaron alelos. Para cada uno de los siete rasgos estudiados, un alelo dominaba sobre el otro. Si ambos aparecían juntos en la misma planta, el alelo dominante enmascaraba la existencia del recesivo" (Karp, 1998).
2. Cada célula reproductiva (o **gameto**) producida por una planta sólo contenía una copia del gen correspondiente a cada rasgo. Un gameto particular podía contener el alelo recesivo o el dominante para un rasgo determinado, pero no ambos. Cada planta se origina por la unión de un gameto masculino con uno femenino. Por consiguiente, de los dos alelos que gobiernan cada rasgo en una planta, uno se hereda del progenitor femenino y el otro del progenitor masculino (Karp, 1998).
3. En cada planta los dos alelos que controlan un rasgo permanecen unidos durante toda la vida, pero se separan (o **segregan**) durante la formación de los gametos. Este dato es la base de la "Ley de la segregación" de Mendel (Karp, 1998).
4. La separación del par de alelos correspondientes para un rasgo no tiene efecto sobre la separación de alelos para otro rasgo. Por ejemplo, un gameto particular puede recibir un gen paterno que controla el color de la semilla y un gen materno que controla la forma de dicha semilla. En este dato se basa la "**Ley de la permutación independiente**" de Mendel (Karp, 1998).

Hasta el año de 1900, tres botánicos europeos llegaron a las mismas conclusiones de manera independiente y los tres redescubrieron las publicaciones de Mendel abandonadas durante 35 años en los armarios de muchas bibliotecas por toda Europa. Mendel no se preocupó en absoluto de la naturaleza física de estos elementos o su localización dentro del organismo, pues realizó todo su proyecto de investigación sin observación alguna con el microscopio (Karp, 1998).

▪ **1869.**

Miescher era un médico especialista en fisiología y química, su objetivo era investigar la química de las células; su principal aporte fue el descubrimiento de una sustancia a la cual denominó **nucleína**, la cual fue hallada inicialmente en el núcleo de células sanguíneas, específicamente glóbulos blancos, dada su abundancia en los tejidos

infectados y en el pus resultado de dichas infecciones. Miescher colectó vendajes cubiertos de pus en los hospitales locales para obtener células en grandes cantidades y desarrollo un método para aislar dichas células empleando una solución de sulfato de sodio (Devor, 2005).

El objetivo de Miescher al realizar dichos experimentos era el mismo que muchos químicos de la época, aislar y caracterizar proteínas; las proteínas habían sido descubiertas en 1830 por Gerardus Johannes Mulder y fueron consideradas el material celular más importante (Portugal y Cohen, 1977 en Devor, 2005); Miescher inició sus estudios con células de pus tratándolas con diferentes combinaciones de sales y observó que las células reaccionaban de manera diferente dependiendo del tipo de sal en la cual se diluían y analizó un caso particular:

“En el experimento con fluidos alcalinos débiles, fueron obtenidos precipitados de soluciones por neutralización que no fueron solubles en agua, ácido acético, en ácido clorhídrico muy diluido, o en cloruro de sodio y consecuentemente no pueden pertenecer a ninguna sustancia proteica conocida” (Portugal y Cohen, 1977 en Devor, 2005).

Miescher estaba convencido que había descubierto un nuevo tipo de material celular, quería determinar de qué parte de la célula provenía. Él notó que el núcleo de la célula estaba particularmente afectado por las soluciones alcalinas y “De acuerdo con este hecho, teniendo conocimiento de algún grado de histología, la substancia puede pertenecer al núcleo; la propuesta más racional sería preparar núcleo puro” (Portugal y Cohen, 1977 en Devor, 2005). Posteriormente Miescher encontró que esta substancia era única en el núcleo y no solamente provenía de células del pus, él comprobó que también provenían del núcleo de levaduras, células del hígado y los riñones, y células sanguíneas nucleadas, a esta sustancia la denominó **nucleína** (Devor, 2005); además propuso que la nucleína estaba compuesta principalmente por fósforo, y que contenía hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; sin embargo dada la gran cantidad de fósforo que contenía planteó que la función principal de la nucleína era almacenar átomos de fósforo. Miescher publicó su investigación en 1871 y hasta el momento de su muerte creyó que las proteínas eran la molécula de la herencia, años más tarde se dio reconocimiento a este autor como el investigador que descubrió la molécula de ADN.

- **1870.**

Simultáneamente al trabajo realizado por Miescher se realizaron investigaciones con marcadores fluorescentes que fueron desarrollados para marcar estructuras celulares, lo cual permitió demostrar que el núcleo no estaba constituido de proteínas, pero sí contenía la nucleína descrita por Miescher. A partir de este momento el objetivo de las investigaciones se enfocó en el rol de los cromosomas en la división celular, este trabajo fue realizado por dos investigadores, Eduard Zacharias y Walther Flemming, quienes demostraron que los cromosomas estaban compuestos de una mezcla de proteínas y nucleína. Este descubrimiento direccionó las investigaciones hacia descubrir el rol de los cromosomas y la nucleína en la herencia (Devor, 2005).

- **Finales del siglo XIX**

El investigador Albrecht Karl Ludwing Martin Leonard Kossel describió los compuestos químicos de la nucleína; estos eran un azúcar pentosa o **desoxiribosa**, **fosfatos**, y cuatro bases **adenina**, **guanina**, **citosa** y **timina**. También descubrió que existía otro componente en la célula que era similar a la nucleína excepto por la pentosa, que en este caso era una **ribosa** y la substitución de **uracilo** por **timina**. Este descubrimiento fue el responsable, en parte, de que el término nucleína se substituyera por **ácido nucleico** y la designación de dos ácidos nucleicos como **ácido desoxirribonucleico (ADN)** y **ácido ribonucleico (ARN)** (Devor, 2005).

- **Principios del siglo XX**

En esta época las investigaciones se enfocaron en comprender cómo los ácidos nucleicos fueron puestos juntos y cómo funcionaban. William Batenson acuñó el término de genética para dar nombre al campo de la biología que se encargaba de investigar las leyes gobernantes de la herencia y variabilidad de individuos. Este autor sostenía que el proceso por el cual se transmiten a un hijo las semejanzas con sus progenitores era tan oscuro y misterioso como el origen de los relámpagos lo fue para el hombre primitivo. (Mardarás *et al.*, 2012).

- **1910.**

Thomas Hunt Morgan validó la teoría cromosómica de la herencia mediante sus experimentos con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*; planteó que existe relación entre la herencia de caracteres mendelianos y el sexo del individuo a partir de sus observaciones en individuos machos que poseían como carácter exclusivo el color de

ojos blancos, permitiendo de esta manera relacionar un carácter con su ubicación en los cromosomas (Mardarás *et al.*, 2012).

▪ **1912.**

Steudel describió el primer modelo de la hebra de ADN; él sugirió que los grupos fosfatos estaban unidos para formar un esqueleto polifosfatado. En el mismo año Levene y Jacobs describieron un modelo en el cual los azúcares estaban unidos por enlaces tipo fosfodiéster; sin embargo ninguno de estos modelos brindaron un entendimiento sólido de la estructura de sus componentes (Portugal y Cohen, 1977 en Devor, 2005).

▪ **1914.**

El científico alemán Robert Feulgen descubrió que el ADN tenía una atracción inusualmente fuerte por un colorante rojo llamado fucsina. Feulgen consideró su hallazgo tan poco importante que no se molestó en comunicarlo durante una década. La coloración de Feulgen, como fue llamada cuando finalmente se la comenzó a usar, mostró que el ADN está presente en todas las células y que se ubica en los cromosomas. Sin embargo, durante las pocas décadas siguientes no hubo un interés particular en el ADN, dado que no se había sugerido ningún papel para él en el metabolismo celular (Portugal y Cohen, 1977 en Devor, 2005).

▪ **1920.**

El médico Frederick Griffith demostró con sus experimentos en neumococos de colonias L y R, la existencia de un agente transformador, observó que si inyectaba un número grande de bacterias R a un ratón, el animal en ocasiones desarrollaba neumonía y producía bacterias que formaban colonias L; en 1928 Griffith inyectó a un ratón con bacterias de colonias L muertas por el calor o de un pequeño número de bacterias de colonia R vivas, cuando se inyectaban cualquiera de las dos preparaciones por si solas no causaban daño al ratón; sin embargo, cuando se inyectaban ambas preparaciones juntas al mismo ratón, este contraía neumonía y se moría; a partir de estos resultados Griffith propuso que existía un **agente transformador** que convertía a las bacterias de colonia R en virulentas que causaban enfermedad y posterior muerte al ratón. Oswald Avery, inmunólogo, continuó con los experimentos de Griffith intentando comprobar la existencia del agente transformador, en 1944 publicó juntos con dos colaboradores los resultados de los experimentos y concluyó que los genes están conformados por ADN y no por proteínas (Karp, 1998).

- **1920-1935.**

El químico ruso Phoebus Theodore Levene comenzó a plantear ideas acerca de la estructura de la hebra de ADN basada en sus estudios estructurales de hidrólisis de productos, su primer modelo propuesto en 1921 se basó en la elucidación de la forma de los azúcares; este modelo describió correctamente que las uniones involucraban a los fosfatos conectándolos a los azúcares, pero desafortunadamente las estructuras de los azúcares eran incorrectas. Sus investigaciones continuaron hasta 1935, finalmente Levene propuso la estructura correcta de los azúcares y sus uniones; las conexiones entre las bases del ADN en una hebra eran a través de los azúcares desoxirribosa. La unidad de la molécula de ADN es el azúcar desoxirribosa, un grupo fosfato y una de las cuatro bases nitrogenadas; las bases son dos pirimidinas: timina y citosina, y dos purinas; adenina y guanina, estas unidades fueron llamadas **nucleótidos**, sin el fosfato son conocidas como **nucleosidos**.

El modelo de Levene mostró que las uniones entre nucleótidos eran enlaces **fosfodiéster** del carbono 5' del primer nucleótido al carbono 3' del próximo nucleótido y que las bases se unían al azúcar por medio del carbono 1' (Devor, E, 2005); el modelo propuesto por Levene fue denominado **teoría del tetranucleotido**, la cual describía la estructura química del ADN y proponía que esta era una secuencias que se repetía múltiples veces.

- **1949.**

El bioquímico austriaco Edwin Chargaff estudio la composición química de la molécula de ADN, sus estudios revelaron que la molécula contenía un tipo de azúcar denominado **desoxirribosa**, un **grupo fosfato** y cuatro bases diferentes llamadas, **adenina, guanina, citosina y timina**. Chargaff descubrió que la cantidad de adenina en la molécula de ADN siempre era igual a la cantidad de timina, y que la cantidad de citosina era equivalente a la de guanina, esta relación llamada **ley de Chargaff**, ayudó a los científicos a comprender posteriormente la estructura tridimensional de la molécula (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

- **1952.**

El bacteriólogo Alfred Hershey y su asistente de laboratorio Martha Chase, trabajaron con bacteriófagos o virus que infectan células bacterias; los investigadores reconocieron que los virus poseen un programa genético, y que este puede dirigir la formación de partículas virales dentro de la célula infectada, esta célula estalló y libera nuevas partículas del

bacteriófago que infectaron células huéspedes vecinas, de esta manera quedaba claro que el material genético capaz de dirigir la formación de la progenie viral era el ADN o las proteínas. Hershey y Chase propusieron que este material dirige el desarrollo de nuevos bacteriófagos y que este debe de transmitirse a la siguiente generación; es por esto que decidieron preparar dos grupos de bacteriófagos como material infectante, uno contenía ADN marcado con fósforo radioactivo y el otro contenía una proteína marcada con azufre radioactivos para distinguir las dos macromoléculas.

Dado que estos investigadores sabían que los virus transferían la información hereditaria a la bacteria infectada, pero no estaban seguros de si la información era proteína o ADN, decidieron infectar bacterias con virus que habían sido previamente marcados con fósforo radioactivo dado que sabían que el ADN contenía grandes cantidades de fósforo a diferencia de las proteínas que no contienen fósforo en su estructura; la bacteria quedaba marcada con fósforo fluorescente comprobando que el ADN es la **molécula de la herencia**; debido a que el fósforo radioactivo permanecía en el interior de la célula huésped y las células infectadas con el bacteriófago con azufre radiactivo permanecían con la proteína radioactiva en la cubierta. De esta manera estos investigadores le dieron soporte a la hipótesis realizada por Oswald T. Avery en 1944, quien propuso a partir de sus experimentos con bacterias que el ADN es un agente transformador.

En este mismo año, la química Rosalind Franklin realizó investigaciones por medio de difracción de rayos x para producir fotografías de estructuras moleculares cristalizadas; las imágenes de Franklin revelaron la estructura exacta de la molécula de ADN y permitió calcular las dimensiones básicas de la molécula (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

Linus Pauling propuso un modelo de la estructura del ADN que tenía tres hebras y con forma helicoidal, los grupos fosfatos de cada hebra de ADN se dirigían hacia adentro de la hélice, con las bases nitrogenadas dirigidas hacia afuera. Pauling olvidó las cargas negativas del átomo de oxígeno en cada grupo fosfato, estas cargas se repelen unas a otras, haciendo imposible que la molécula permanezca junta de la manera en la que la describió, convirtiendo en inválido su modelo (Devor, 2005)

▪ 1953.

Los científicos James Watson y Francis Crick publicaron el primer modelo exacto de la molécula de ADN; estos investigadores estaban interesados en el ADN también conocido como la molécula de la herencia, así que se propusieron construir la estructura del ADN

con base en los aportes realizados por otros autores acerca de su composición química. En primer lugar propusieron que el orden de los nucleótidos que conforman la molécula de ADN cambia, permitiendo de esta manera rechazar el modelo propuesto por Levene acerca de los bloques de tetranucleotidos; así mismo plantearon que el ADN puede guardar información y codificarla puesto que no es una proteína. En segundo lugar, Watson y Crick retomaron los planteamientos realizados por Chargaff acerca de la cantidad de bases nitrogenadas, y propusieron que las bases se aparean así: Adenina-Timina, Citosina-Guanina; así mismo acerca de la estructura alfa helicoidal presente en las proteínas y también en la molécula de ADN para proponer su modelo de la estructura del ADN; la información recopilada hasta el momento sumada a los datos obtenidos por Franklin y Wilkins permitieron a Watson y Crick elucidar el misterio que giraba alrededor de estructura de la molécula de ADN, es así como a partir de las fotografías del ADN plantearon que la distancia entre giro y giro de la hélice es de 34 Angstroms, entre las pares de bases es de 3.4 Angstroms, es decir, aproximadamente 10 nucleótidos por giro; también pudieron deducir que la molécula de ADN era un doble hélice con los grupos fosfatos dirigidos hacia afuera y las bases nitrogenadas así adentro, es así como conocieron las dimensiones básicas del ADN a partir de los aportes de Franklin y Wilkins (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

El primer gran aporte de Watson y Crick fue que las bases nitrogenadas se unen por medio de puentes de hidrógeno, adenina-timina forman dos puentes y guanina-citosina tres, esta fue la clave para construir la estructura del ADN; esto sumado a que las imágenes mostraban una gran proximidad entre las pares de bases permitieron plantear que las hebras iban en direcciones opuestas, son antiparalelas. Con estos datos Watson y Crick construyeron su modelo de la estructura tridimensional del ADN donde los fosfatos y el azúcar son los rieles, y las bases nitrogenadas los peldaños; los nucleótidos son complementarios, mientras hay adenina en una hebra en la otra hay timina, si hay citosina en una en la otra hay guanina; como producto de estos resultados Watson y Crick publicaron su primer artículo, estructura molecular de los ácidos nucleicos, en la revista Nature el 25 de Abril de 1953, en el cual concluyeron "No hay que dejar escapar nuestra propuesta acerca del específico apareamiento de las bases nitrogenadas y un posible mecanismo para copiar el material genético" (Watson y Crick, 1953).

La importancia de la propuesta realizada por Watson y Crick radicó en que permito esclarecer dos de la tres funciones importantes que el ADN debía de cumplir; en primer

lugar es el **almacén de información genética**, es decir es similar a un registro donde se almacenan las características hereditarias mostradas por un individuo; la **autoduplicación y herencia** que es el mecanismo mediante el cual el ADN se duplica para transmitir las instrucciones genéticas de una célula madre a una célula hija; y **expresión del mensaje genético**, esta última función no fue elucidada hasta años después, sin embargo “la dilucidación de la estructura del ADN no sólo fue importante en sí misma, sino que también estimuló la investigación de toda actividad donde debía participar material genético” (Karp, 1998).

Después de la descripción de la doble hélice

▪ 1956.

Francis Crick continuó con sus estudios moleculares del ADN dado el planteamiento que formularon al finalizar su publicación de la estructura del ADN acerca de que la secuencia de nucleótidos en la molécula debe de funcionar como un código, y que este está involucrado en la síntesis de proteínas; la pregunta de investigación era ¿Cómo el ADN, el cual se encuentra en el núcleo de la célula, puede directamente sintetizar proteínas que están hechas exclusivamente en el citoplasma de la célula? Por tal razón Crick propuso lo que él denominó “**el dogma central**” donde expone que el ARN es una molécula abundante en el citoplasma y que es el intermediario para transportar la información del ADN y convertirla a proteína. Del mismo modo describió el ARN como una molécula compuesta de un grupo fosfato, una pentosa (ribosa) y bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y uracilo); además está conformada por una sola hebra; Crick también planteó la posible existencia de un adaptador de moléculas que permite que los aminoácidos interactúen con el ARN que los transporta (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

Paul Zamecnik fue un bioquímico investigador interesado en la síntesis de proteínas, a pesar de que no conocía la propuesta del “dogma central” de Crick, quiso plantear su propia hipótesis desde el aspecto bioquímico; a partir de células de hígado de rata y aminoácidos marcados con marcadores fluorescentes siguió como se realizaba la construcción de una proteína en la célula; después de incubar las células a temperatura ambiente y centrifugarlas, se esperaba que los nuevos polipéptidos fueran más pesados y quedaran precipitados en el fondo del tubo y los aminoácidos sin incorporar estuvieran en

el sobrenadante dado que son más livianos. Al analizar la muestra, se encontraron rastros de cadenas de aminoácidos en el precipitado demostrando que se habían sintetizado nuevos polipéptidos, y se identificó una estructura celular grande que posteriormente se denominaría **ribosoma**; de esta manera Zamecnik pudo plantear que el ribosoma es un organelo celular citoplasmático donde ocurre el ensamblaje de proteínas, y que está constituido por ARN y proteínas, sin embargo no pudo aclarar el rol del **ARN del ribosoma** en la síntesis de proteínas, es así como Zamecnik y Hoagland identificaron otro tipo de molécula de ARN con los aminoácidos sin incorporar en el sobrenadante, esta molécula la denominaron **ARN soluble**, el cual fue llamado **ARN de transferencia** posteriormente para referirse mejor a la función que desempeña, además James Watson reconoció que este hallazgo coincidía con lo planteado por Crick en el “dogma central” dado que el ARN puede llevar el aminoácido al ribosoma para la síntesis de proteínas; a pesar de estos hallazgos aun quedaba la incógnita de cómo el código genético instruía al ARN de transferencia y a los aminoácidos para construir proteínas (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1957.**

Meselson y Stahl demostraron que el ADN nuevo esta hecho por medio de la copia de uno viejo, el ADN nuevo se construye en alguna etapa de la división celular, cada célula hija debe de recibir una copia de ADN de la célula parental. Watson y Crick sugirieron que durante la replicación del ADN las hebras se separan, y cada hebra actúa como un molde para sintetizar una hebra complementaria nueva; esto fue llamado **replicación semi-conservativa** porque cada molécula hija consiste de una hebra vieja, de la molécula parental, y otra hebra nueva sintetizada. En 1958, Meselson y Stahl publicaron los resultados de sus experimentos realizados con isotopos de nitrógeno, centrifugación y gradiente de densidad; las bacterias de *E. coli* cultivadas en un medio rico en ^{15}N se multiplicaban e incorporaban el nitrógeno a las bases nitrogenadas que conforman el ADN, se guardo una muestra de referencia. Las demás bacterias fueron cultivadas en un medio rico en ^{14}N , de igual manera las bacterias incorporaron el nitrógeno a la molécula de ADN a medida que se dividían; a partir del grupo control con ^{15}N y ^{14}N , una muestra con medio ^{14}N y bacterias que contenían en su ADN nitrógeno 15 y otra muestra que contenía nitrógeno 14 y 15 en la molécula y ^{14}N en el medio de cultivo, examinaron la composición del nitrógeno del ADN bacteriano, aislando el ADN y disolviéndolo en una solución salina, posteriormente lo centrifugaron y analizaron; la muestra con ^{15}N debería

de dejar las moléculas en el fondo por ser más pesadas y la de ^{14}N en el sobrenadante por ser más livianas; estos fueron los resultados obtenidos así como una muestra cuyas moléculas ^{15}N y ^{14}N estaban en igual proporción, y otra donde había mas cantidad de ^{14}N que de ^{15}N ; es a partir de estos resultados que confirman la hipótesis de Watson y Crick que la replicación del ADN es semi-conservativa, dado que en una de las muestras se hallaban moléculas de ADN con ^{14}N y ^{15}N , sin embargo no se planteó detalladamente como ocurre este proceso (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

Arthur Kornberg aisló la enzima que sintetiza el ADN, llamada **ADN polimerasa** y creó un sistema celular libre que replica el ADN; la ADN polimerasa fue extraída de *E. coli* y añadida a una solución salina con moléculas de ADN y los cuatro nucleótidos, incluyendo timina con un marcador radioactivo para monitorear las moléculas de ADN que eran hechas. Después de incubar la muestra a temperatura ambiente la timina era incorporada a la cadena de polinucleotidos, indicando que la ADN polimerasa introducía los nucleótidos en la hebra de ADN, creando una nueva de ADN con la timina radioactiva; también comprobó que la replicación solo ocurre si los cuatro nucleótidos están presentes, si falta alguno la cadena no puede ser sintetizada. La ADN polimerasa también requiere ADN intacto como hebra y adicionar **ADNasa**, la cual divide la molécula para la producción de polinucleotidos; es así como se corrobora lo planteado por Watson y Crick, el ADN usa una hebra como molde para replicarse, y la ADN polimerasa es la enzima que realiza este procedimiento, así mismo halló diferentes tipos de ADN polimerasa, la tipo I se usa para reparar no para replicar el ADN, la tipo III es la enzima principal que replica el ADN en *E. coli* (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ 1961

Sydney Brenner demostró que el ARN ribosomal no era el molde para construir proteínas, que había un tercer tipo de ARN, un intermediario estable que llevaba el mensaje del ADN al ribosoma. El experimento consistió en utilizar bacterias infectadas por fagos, comenzando con bacterias cultivadas en un medio rico en isotopos pesados, el carbono 13 y nitrógeno 15, como marcadores del ARN y proteínas de las bacterias, e insertaron bacterias infectadas que no contenían isotopos pesados pero que si contenían ^{32}P radiactivo, detuvieron el crecimiento de las bacterias, las lisaron y extrajeron el ARN y los ribosomas, lo centrifugaron para analizar el extracto de las bacteria por medio del gradiente de densidad de los componentes de acuerdo al peso de los isotopos en los ribosomas, y la incorporación de ^{32}P en el ARN del nuevo fago; a partir de allí observo que

el ribosoma está compuesto de dos subunidades que se pueden separar, estas subunidades contenían el carbono y el nitrógeno, sin embargo el ^{32}P quedó en el precipitado de la muestra indicando la existencia de un nuevo tipo de ARN, asociado con el ribosoma y con un rol en la síntesis de proteínas, esto correspondía a lo propuesto por Crick en el “dogma central”, esta molécula fue denominada **ARN mensajero** (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

Marshall Nirenberg descubrió como el lenguaje de los nucleótidos del ARNm es traducido en el lenguaje de los aminoácidos de las proteínas; los datos de Crick y otros autores demostraron que tres nucleótidos formaban un **codón**, una palabra del ARNm que es específica para un aminoácido. El codón de tres nucleótidos produce 64 combinaciones, las cuales producen códigos redundantes o degenerados que pueden ser codones específicos para el mismo aminoácido (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1965.**

Roy Britten y David Kohne encontraron que las células de ratón contenían múltiples secuencias de ADN similar por medio del análisis de las tasas de re asociación de las hebras de ADN. Dado que el ADN puede extraerse de procariotas y dividirse en pequeños fragmentos, se calentaron a altas temperaturas cerca del punto de ebullición para que los puentes de hidrógeno se rompieran y la doble hebra se disociara en dos hebras separadas, cuando la temperatura se encontraba 25°C por debajo de la temperatura de disociación las hebras se re asociaban, colisiones al azar permitían que las hebras complementarias se unirán nuevamente y los puentes de hidrógeno se reformaran; no siempre ocurrían uniones complementarias perfectas, esto dependía de la velocidad con que la temperatura bajaba y el tiempo que tenían las hebras para encontrar su hebra complementaria, de esta manera podrían haber uniones en área complementarias locales de la hebra; también analizaron el tiempo de re asociación de las hebras de ADN usando ADN de células eucariotas y se compararon con el ADN de la bacteria *E. coli* comprobando que las células eucariotas tienen mayor cantidad de ADN y un tiempo de re asociación más bajo, permitiendo plantear que las células eucariotas contienen mayor cantidad de **secuencias repetidas** a diferencia de las células bacterianas y que por tal razón el tiempo de re asociación es corto, no hay secuencias únicas que necesiten de tiempo para buscar su hebra complementaria a diferencia de las células procariotas que tiene menor cantidad de ADN, del mismo modo se realizaron experimentos con ARNm como marcadores radioactivos en las hebras de ADN, las cuales posteriormente se re

asociaron al bajar la temperatura y de esta manera poder comprobar cuales secuencias codificaban para proteínas, de esta manera hallaron que las secuencias repetidas no codifican para proteínas, es así como estos autores plantearon que las secuencias repetidas probablemente surgieron de errores en la replicación del ADN, y que estas secuencias repetidas se encuentran usualmente en las regiones cercanas al centromero de los cromosomas y podrían tener una función de apareamiento en las cromátides durante la división celular (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1970.**

David Baltimore y Howard Temin trabajaron con el RSV o virus del sarcoma y otras clases de virus que pueden producir tumores, y propusieron que los virus pueden integrar su ADN en el ADN de la célula hospedera. El RSV es un virus de ARN a partir del cual tomaron la parte interna (cápside) y la insertaron en un medio libre de células y que contenía nucleótidos, incluyendo timina como marcador radiactivo; el componente viral produjo ADN radioactivo en el medio libre de células, comprobaron que era ADN porque la ADNasa lo descomponía y el ARNasa no lo hacía, también incubaron virus en un medio con tripsina y nucleótidos con la timina como marcador radiactivo y no se obtuvo ADN como producto; lo mismo sucedió cuando se añadió en el medio ARNasa, nucleótidos y el virus en el medio, no se obtuvo ADN como producto, de esta manera concluyeron que el RSV tiene un tipo especial de enzima que actúa sobre el ARN como molde para hacer ADN, esta enzima fue llamada **transcriptasa reversa**. En este caso, el “dogma central” de Crick no aplicó para el RSV, puede haber un proceso reverso de ARN a ADN primero, estos virus entonces son conocidos como **retrovirus**, formados por una **envoltura**, una **cápside** interna, un **núcleo** central que contiene el ARN y la enzima transcriptasa reversa; la envoltura se une a la membrana de la célula hospedera y la cápside libera el ARN y la enzima en el citoplasma para sintetizar un hebra complementaria de ADN usando el ARN viral como molde, la enzima degrada la hebra de ARN y sintetiza una segunda hebra de ADN, el ADN ingresa al núcleo y se integra al cromosoma de la célula hospedera (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1972.**

Henry Cohen y Herbert Boyer describieron como se puede **recombinar el ADN** a partir de experimentos hechos con plásmidos de *E. coli* que contenían genes resistentes a dos antibióticos diferentes, dichos genes terminaron haciendo parte de un solo plásmido dado

que el ADN se puede recombinar, además este procedimiento puede ocurrir tanto en células procariotas como eucariotas (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1974.**

Rich Riberts y Phil Sharp desarrollaron una clase de enzima llamada **endonucleasas de restricción**, las cuales reconocen y cortan secuencias específicas de ADN en la unión del grupo fosfato y el azúcar, existen enzimas de restricción que son específicas; esta fue la primera herramienta desarrollada por estos autores. También desarrollaron un gel de agarosa para separar los fragmentos de ADN por medio de la electroforesis y así medir el tamaño de los fragmentos que cortaban las enzimas de restricción, algunos tenían longitud de 10,000 nucleotidos; también sugirieron al bromuro de etidio como buen reactivo para teñir los fragmentos de ADN y así tomarles una fotografía y visualizarlos en papel fotográfico, de esta manera se podían localizar los genes en los fragmentos de ADN y mapear los genomas. También reconocieron secuencias de ADN no codificante a las cuales denominaron **R-bucles**, porque eran similares a los bucles del ARNm, estos bucles en el ADN se formaban en medio de dos regiones que codificaban para el ARNm, de esta manera estos autores plantearon que no todas las regiones del ADN codifican para ARNm y estas regiones se encuentran enrolladas en forma de bucles (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1975.**

Roger Kornberg y Aaron Klug describieron la **estructura de la cromatina** a partir de los estudios realizados entre la interacción de una proteína conocida como **histona** y el ADN. Estos autores plantearon que existen diferentes tipos de histonas y que estas se encuentran unidas al ADN para formar la cromatina en el núcleo de células que están en proceso de división celular, en las que no están en este proceso la cromatina se encuentra dispersa por el núcleo. Durante la profase de la división célula, la cromatina se condensa en estructuras visibles llamadas **cromosomas** y en la metafase los cromosomas se alinean en el medio de la célula; a partir de unas fotografías de las etapas de la división celular y de la difracción de rayos x del ADN realizada anteriormente por Wilkins sugirieron que las histonas juegan un papel importante en el empaquetamiento del ADN, y propusieron que el ADN se enrolla con una cubierta de histonas que contiene ocho proteínas denominado **nucleosoma**, varios nucleosomas interactúan con mas proteínas histonas y conforman un **solenioide**, manteniendo al ADN súper enrollado; la forma de bucles en algunos cromosomas es dada por la interacción entre el ADN y

proteínas diferentes a las histonas; también platearon que hay 6 nucleosomas por giro de la hebra de ADN (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

▪ **1990-Actualidad.**

J. Craig Venter y Francis Collins hicieron parte del proyecto denominado genoma humano cuyo objetivo era secuenciar en su totalidad el ADN de un organismo; el genoma humano consta de entre 20000 y 25000 genes que se encuentran distribuidos en los 23 pares de cromosomas que se encuentran en el núcleo de la célula (Cold Spring Harbor Laboratory, 2003).

5.9 Modelos explicativos acerca de la herencia, precursores y características

A continuación se realiza la descripción de cada uno de los modelos propuestos acerca del concepto de herencia, sus precursores y las principales características que se tuvieron en cuenta para elaborar el instrumento de exploración de ideas previas y posterior análisis de la información.

Tabla 1 Modelos explicativos acerca de la herencia.

Modelo	Precursor	Características
Cotidiano		-Son las creencias populares acerca de la herencia. Un ejemplo de ello es que los caracteres se heredan por medio de la sangre, o que en la sangre se lleva toda la información hereditaria.
Preformista	Aristóteles (384-322 a.C.), Hipócrates (460 a 367 a.C), Graaf (Finales del siglo XVIII)	-Los nuevos individuos se preformaban dentro del cuerpo materno y que el padre solo proveía la “chispa vital” necesaria para comenzar el desarrollo del embrión, unas dentro de otras. -Todas las generaciones de se encontraban preformadas

Herencia mezcladora	Darwin (1856)	<p>-La unión de los gametos provoca la mezcla de las gémulas de los dos progenitores.</p> <p>-Cuando se combinan los óvulos y los espermatozoides, se produce una mezcla de material hereditario que resulta en una combinación semejante a la mezcla de dos tintas de diferentes colores.</p> <p>-Tanto los machos como las hembras contribuían en la descendencia.</p>
Herencia de caracteres adquiridos	Lamarck (1809)	<p>-Los rasgos que cada individuo adquiere durante su vida pueden ser transmitidos a sus descendientes.</p> <p>-Las adaptaciones de los seres vivos al medio ambiente, se fijan y se propagan a las generaciones sucesivas, es decir, que estos caracteres son heredables.</p>
Mendeliano (Precientífico)	Mendel (1860)	<p>-Cada característica está determinada por dos copias del gen cada uno proveniente de un progenitor.</p> <p>-Los alelos pueden ser dominantes o recesivos y cada gameto posee una copia de alguno de los dos alelos.</p> <p>-Los alelos se segregan en los gametos.</p> <p>-Existe la misma probabilidad de heredar los alelos del padre o la madre.</p>

6. Metodología

Teniendo en cuenta que el propósito de esta investigación es mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de herencia, se realizó el diseño de una unidad didáctica con diversas actividades metacognitivas y de lenguaje que se llevaron a cabo en diferentes pasos:

6.1 Tipo de investigación

Hernández-Sampieri y Mendoza, (2008) proponen que "los métodos de investigación mixta son la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una "fotografía" más completa del fenómeno "; de acuerdo a lo anterior, se propone que la presente investigación es de tipo mixto dado que este método combina al menos un componente cuantitativo y cualitativo en un mismo proyecto de investigación.

El análisis cualitativo fue llevado a cabo con 19 estudiantes del área rural pertenecientes al grado octavo de la Institución Educativa Puerto Iris, y el análisis cuantitativo fue llevado a cabo por medio de una comparación a partir de una prueba estadística entre las frecuencias de las respuestas pertenecientes a los modelos propuestos de los 19 estudiantes del área rural objeto del presente trabajo, frente a 22 estudiantes del área urbana del grado octavo pertenecientes a la Institución Educativa Nueva Esperanza; los resultados de estos estudiantes fueron obtenidos por medio de un estudio paralelo realizado por otra estudiante, los cuales fueron facilitados para obtener un resultado global acerca de los pensamientos de los estudiantes del grado octavo acerca de la herencia, y poder comprobar si existen o no diferencias en cuanto a las ideas previas y obstáculos de aprendizaje; por tal motivo se propone que la presente investigación es de tipo mixto.

6.2 Definición de la población

La población objeto de estudio de esta investigación comprende a estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Puerto Iris, sede internado, localizada en la vereda Aguas Claras, municipio de Puerto Concordia, departamento del Meta. Los estudiantes se encuentran entre los 14 y 17 años de edad; el tamaño de la población seleccionada es de 19 estudiantes correspondientes a 12 hombres y 7 mujeres. La metodología de enseñanza de la Institución Educativa es Escuela Nueva y Posprimaria, con énfasis agropecuario.

La población objeto de comparación fueron 22 estudiantes del área urbana, pertenecientes al grado octavo de la Institución Educativa Nueva Esperanza, ubicada en el caso urbano del municipio de Puerto Concordia, departamento del meta. Los estudiantes se encuentran entre los 12 y 15 años de edad, correspondientes a 12 hombres y 10 mujeres. La metodología de enseñanza de la Institución Educativa es constructivista.

6.3 Criterios de selección de la muestra

La muestra de estudiantes seleccionada incluyó la totalidad de estudiantes matriculados en la Institución Educativa Puerto Iris sede internado, para el grado octavo, 19 estudiantes en total. En cuanto a la población objeto de comparación, la muestra fue seleccionada de manera aleatoria a partir de los estudiantes del grado octavo A de la Institución Educativa Nueva Esperanza.

6.4 Recolección de la información

Inicialmente se diseñó un instrumento para explorar las ideas previas que tienen los estudiantes sobre el concepto de herencia, el cual consta de 15 preguntas abiertas con situaciones de la vida cotidiana, donde el estudiante debe de justificar lo que cree que sucede en cada uno de los planteamientos formulados; y además incluye la elaboración de gráficos donde el estudiante debe de justificar sus respuestas (**ANEXO 1**); Dicho instrumento fue validado por medio de una prueba piloto previamente aprobada por expertos en el tema, esta prueba fue aplicada a 10 estudiantes del grado séptimo dado que la temática de genética y herencia es dada en el grado octavo. Posteriormente se

aplico dicho instrumento y se codifico la información obtenida para realizar el análisis cualitativo con los estudiantes dle área rural, y cuantitativo con los estudiantes del área urbana, para esto fueron facilitados los resultados de los estudiantes del área urbana para poder realizar la comparación por medio d ela pueba estadística..

6.5 Fases de la investigación

6.5.1 Revisión bibliográfica

Inicialmente se llevo a cabo la revisión bibliográfica referente a los aspectos histórico-epistemológicos del concepto de herencia, para la elaboración de los modelos explicativos de la herencia.

6.5.2 Elaboración del instrumento

El instrumento de exploración de ideas previas, se realizó teniendo en cuenta cinco modelos explicativos: Cotidiano, Preformista, Herencia Mezcladora, Caracteres Adquiridos y Mendeliano, encontrados en el desarrollo histórico-epistemológico del concepto de herencia, los cuales fueron puestos en dos categorías: Transmisión de caracteres y molécula portadora de la herencia; en cada una de las categorías se plantearon preguntas para indagar las ideas previas de los estudiantes dicho instrumento fue validado por medio de una prueba piloto y por expertos en el tema, a continuación se presentan las categorías establecidas y las respectivas preguntas:

Tabla 2 Relación de categorías con las preguntas formuladas en el modelo transmisión de caracteres.

Categorías	Preguntas	Modelo
Transmisión de caracteres	4- Una madre de alquiler de raza blanca se presta a gestar al hijo de una pareja de color. ¿Crees que el hijo será blanco, negro o mulato? Tomado de (Caballero-Armenta, M. 2008)	Herencia mezcladora
	3- ¿Tienes algún parecido con tus abuelos? ¿Por qué crees que te pareces o por qué no te pareces? Justifica tu respuesta.	Cotidiano
	2- ¿Por qué crees que te pareces más a tu mamá o papá?	Cotidiano
	1- Carlos tuvo dos hijos con su primera esposa Ximena, años después tuvo un hijo con su segunda esposa Angela. Los tres hijos de Carlos son muy parecidos a él. ¿A qué crees que se debe que los tres hijos de Carlos se parezcan tanto a él y no a sus esposas?	Preformista
	7- Si se realiza una transfusión de sangre de un individuo a otro ¿Es posible que este individuo adquiera características del individuo donante? Justifica tu respuesta.	Herencia mezcladora
	11- Si realizo un injerto entre dos variedades de naranja ¿Cómo sería la planta obtenida? ¿A cuál de las dos variedades se va a parecer? Justifica tu respuesta.	Herencia mezcladora
	6- José es un científico y se encuentra realizando un experimento con ratones. Para iniciar su experimento les cortó la cola al ratón macho y a la hembra y los cruzó, con el fin de observar como son las crías. ¿Cómo crees que son las crías que resultaron del cruce de estos dos ratones a los que José les corto la cola? ¿Crees que las crías tendrán la cola larga, corta o puede haber individuos con ambas características? Explica y realiza un dibujo.	Caracteres Adquiridos
	5- Juan posee ojos de color azul y se casa con María una mujer de ojos color café, ¿de qué color crees que serán los ojos de sus hijos Ana y Dani? ¿Dónde crees que se encuentra la información hereditaria para el color de ojos en los seres humanos? Justifica tu respuesta.	Mendeliano
Molécula portadora de la herencia	9- Don Pedro ha trabajado desde muy joven como pescador en el río Ariari, como resultado de su labor, sus brazos son fuertes y musculosos y su espalda es ancha. Don Pedro está próximo a ser padre. ¿Cómo crees que serán las características físicas de su hijo?	Caracteres Adquiridos
	13- ¿Has escuchado hablar del ácido desoxirribonucleico? ¿Sabes qué es y qué función cumple?	Mendeliano
	14- La profesora de biología explicó a sus alumnos de grado octavo que los genes son los encargados de transmitir las características hereditarias de padres a hijos. ¿Qué sabes de los genes? O ¿qué crees que son los genes? ¿Cómo representarías un gen?	Mendeliano

Tabla 3 Relación de categorías con las preguntas formuladas en el modelo portadora de la herencia..

Categorías	Preguntas	Modelo
Molécula portadora de la herencia	8- A Mariana le van a extraer sus óvulos y ella ha decidido llevar la muestra a un laboratorio para que sean examinados ya que ella desea saber que hay en su interior ¿Cuáles crees que serán los resultados de la observación? Explica y realiza un dibujo.	Preformista
	10- En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Piensas que la herencia reside en la sangre? Justifica tu respuesta. Tomada de (Caballero-Armenta, 2008).	Cotidiano
	12- ¿De dónde crees que reciben los organismos las características hereditarias? ¿A través de que se transmiten estas características? Justifica tu respuesta.	Mendeliano
	15- En las noticias se comenta que la policía utiliza muestras de ADN encontradas como pistas para descubrir quién cometió un delito. La comparación de dos muestras de ADN permite identificar personas, algo parecido a la comparación de huellas dactilares. ¿Por qué crees que por medio del ADN se pueden identificar a las personas? Justifica tu respuesta.	Mendeliano

6.5.3 Aplicación del instrumento de ideas previas

El instrumento de ideas previas se aplicó a 19 estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Puerto Iris, sede internado; este grupo consta de 12 hombres y 7 mujeres entre los 14 y 17 años de edad. La autora del estudio paralelo al presente trabajo, aplico el instrumento de ideas previas a 22 estudiantes del área urbana de la Institución Educativa Nueva Esperanza, 12 hombres y 10 mujeres entre los 13 y 15 años de edad.

6.5.4 Análisis de la información

El análisis de la información se realizó por medio del software Atlas-Ti versión 6.0, para lo cual inicialmente se codificaron las respuestas dadas por cada estudiante al instrumento para explorar ideas previas; para lo cual a cada estudiante le correspondió un número de manera aleatoria y se codificaron las respuestas de la siguiente manera: Número de la respuesta y número del estudiante (1.1, 1.2, 1.3...). Esta codificación permitió identificar los modelos explicativos propuestos a partir del desarrollo histórico-epistemológico del concepto de herencia en las respuestas de los estudiantes, además de identificar y caracterizar los obstáculos en el aprendizaje del concepto de herencia.

Para realizar la comparación entre los resultados obtenidos del área urbana y rural, se realizó un análisis de varianza en el programa Microsoft Excel, de dos factores con una sola muestra por grupo de frecuencias de respuestas en cada modelo para las dos categorías utilizadas en este estudio. Donde un P (Probabilidad) $P < 0,05$ indica diferencias significativas y $P > 0,05$ evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas para el análisis.

6.5.5 Diseño de la unidad didáctica

Teniendo cuenta los obstáculos encontrados en las respuestas de los estudiantes para explicar el concepto de herencia se diseñó la unidad didáctica, con base en los aspectos propuestos por Tamayo *et al.*, (2011), estos son: ideas previas, evolución conceptual, reflexión metacognitiva, evaluación y lenguaje. La unidad didáctica contiene diversas actividades y estrategias con el objetivo de movilizar las ideas de los estudiantes acerca del concepto de herencia de los modelos iniciales hasta los modelos aceptados por la comunidad académica en la actualidad; esta unidad didáctica consta de seis actividades:

- **Actividad 1.** Repaso: Ampliando Mis Conocimientos Sobre La Célula.
- **Actividad 2.** Identificando El Material Genético.
- **Actividad 3.** Aprendiendo sobre división celular.
- **Actividad 4.** Mis primeros conceptos de genética.
- **Actividad 5.** Ampliando mis conocimientos sobre genética.
- **Actividad 6.** Lo más profundo: Bases moleculares de la herencia.

7.Resultados y discusión de la información

A continuación se presenta el análisis de las respuestas de los estudiantes del grado octavo acerca del concepto de herencia para identificar los modelos y los obstáculos encontrados; este análisis descriptivo se realizó por medio del software Atlas-Ti 6.0:

7.1 Categoría transmisión de caracteres

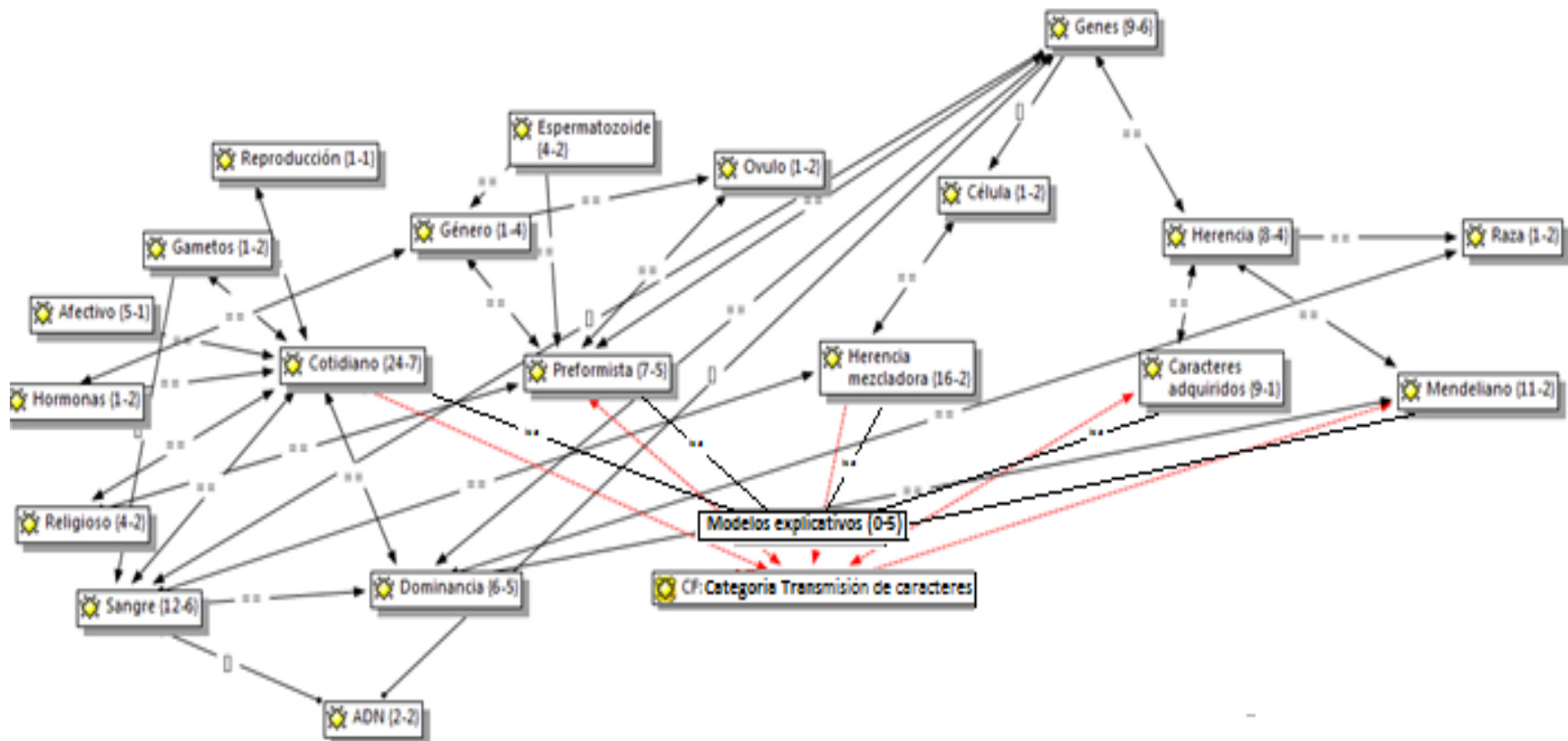
En esta categoría se encontraron cinco modelos acerca del concepto de herencia: Cotidiano, preformista, herencia mezcladora, caracteres adquiridos y mendeliano (Gráfica 1).

7.1.1 Modelo cotidiano

El modelo que se presentó con mayor frecuencia (46 respuestas) fue el cotidiano; se justifica en la mayoría de los casos que, la sangre es la responsable de las relaciones de parentesco entre padres e hijos argumentando que la sangre de un padre puede ser más fuerte que la del otro, haciendo referencia a la dominancia de la sangre:

1.6 Yo pienso que se parecen porque él tiene la sangre más fuerte o porque ellos se comportan como Carlos. También podemos decir que se parecen en lo físico.

Gráfico 1. Red semántica categoría transmisión de caracteres.



Los estudiantes también expresan que en la sangre se pueden encontrar genes, enfermedades e inclusive rasgos de la conducta y el ADN, y que todos estos se pueden heredar; permitiendo evidenciar que los estudiantes no identifican los componentes de la sangre y probablemente asocian la herencia con la sangre debido a las creencias culturales, siendo estas, según Pozo y otros, (1989) citado por Mora, (2002) concepciones inducidas por el entorno familiar o social.

5.19 Yo creo que la información hereditaria para dar el color de los ojos, en la sangre por que es seguro su tipo de sangre el que posee la sangre más fuerte ese color de los ojos le salera a su hijo.

7.7 De pronto porque qué tal que en la sangre me done genes o rasgos igual a la persona que me dona la sangre.

7.16 Puede que no tome características físicas pero si puede tomar el origen interno de una enfermedad, malgenio o alegría en momentos inesperados, estos cambios pueden ser positivos o negativos que pueden perjudicar o beneficiar al individuo.

Este modelo, también, se relacionó con la parte emocional o afectiva de los estudiantes dado que fundamentan los parecidos que tienen con sus familiares debido a que fueron deseados o negados por alguno de sus dos progenitores, siendo esta la causa de su parentesco; según Pozo, (1999), estas ideas previas son de tipo sensorial dado que estas explicaciones están basadas en actividades cotidianas, y por tal motivo conducen a errores o falsas explicaciones; de igual manera pueden considerarse como concepciones inducidas Pozo y otros, (1989) citado por Mora, (2002).

1.11 Porque ellos tal vez el papá los negó cuando su señora esposa estaba embarazada por lo cual se parece mucho a su padre.

1.12 Yo pienso que porque él tiene dos esposas diferentes los niños se van a parecer más a Carlos o también puede ser porque los quiso mucho cuando estaban en el vientre.

Se encontraron casos en que los estudiantes atribuyen el parentesco a creencias religiosas, asumidas como un castigo divino o por los designios de Dios; esto puede ser consecuencia de la influencia cultural y religiosa, a la cual han estado expuestos los

estudiantes durante toda su vida, unas creencias arraigadas donde se inculca la existencia de un Dios todo poderoso que premia a los justos y castiga a los pecadores, y por tal motivo cuando un padre niega a su hijo o engaña a su esposa, hereda su apariencia física a manera de castigo.

1.7 Porque él fue el que lo engendro y porque él es el padre, yo pienso que porque Dios los creo así y por los genes del papá fue y por qué se parecen tanto al padre y no a la madre.

Algunos estudiantes mencionan las hormonas, gametos o reproducción como explicación a la herencia, sin embargo, se plantea la posibilidad de que los estudiantes hayan escuchado acerca de estos temas pero no conocen el significado de los términos que están utilizando para elaborar sus respuestas, evidenciando que estas son concepciones inducidas; según Pozo, (1999) este tipo de idea previa es de origen escolar dado que el estudiante genera una confusión entre el conocimiento científico y el sensorial o social.

1.4 Yo pienso que se parecen por qué el papá fue el reproducción pero también hay niños que se parecen a su mamá o a su papá pero Carlos tenía más hormonas que las esposas tenían menos.

1.9 Yo creo que los tres se parecen por que la sangre de Carlos es más fuerte y como él es el que aporta más gametos progenitores.

3.8 Yo me parezco a mi abuela y yo pienso que es porque es sangre mía y porque pertenece a mi familia y ella es la mamá de mi mamá y yo soy la hija de ella.

7.1.2 Modelo preformista

El modelo preformista presentó una frecuencia de 8 respuestas (Figura. 6-1) y fue relacionado con los gametos (espermatozoide y ovulo) con el género, ya sea porque el hijo varón se va a parecer al papá y la hija mujer se va a parecer a la mamá; es de destacar que algunos estudiantes identifican a los genes como parte de los gametos; sin

embargo no reconocen que los genes son regiones del ADN, y se encuentran en los núcleos de las células tanto somáticas como reproductivas:

1.5 Casi siempre los hijos se parecen más a los papás y no a la mamá por que el espermatozoide proviene de los papás y por eso uno nunca se parece a las mamás.

2.17 Porque mi mamá tiene más tendencias o más genes en el ovulo por eso algún hijo sale más parecido al papá o a la mamá.

2.19 Me parezco más a mi papá por el experimenta aún más sus células en cambio mi mamá no le pudo salir aún más parecido pero por eso soy más parecido a mi papá también por el espermatozoide.

6.19 Yo pienso que el individuo sale con cola corta porque el hombre es el que experimenta más a la hembra en cambio la hembra no es igual al macho porque si el individuo siempre salera igual al macho.

De acuerdo con el modelo preformista “los nuevos individuos se preformaban dentro del cuerpo materno y que el padre solo proveía la “chispa vital” necesaria para comenzar el desarrollo del embrión” (Mardarás, *et al.*, 2012); los partidarios de este modelo se dividían en dos grupos: “**espermistas** quienes defendían que el organismo preformado se encontraba en el espermatozoide, y **ovismo** aquellos que lo situaban en el óvulo sin fecundar” (Pierce, 2005); es evidente que los estudiantes que se encuentran en este modelo son en su mayoría espermistas.

7.1.3 Modelo herencia mezcladora

El modelo herencia mezcladora presentó una frecuencia de 32 respuestas (Figura 6-1) dado que los estudiantes mencionan que la sangre de ambos padres se mezclan y en el caso de la pregunta 4 (Una madre de alquiler de raza blanca se presta a gestar al hijo de una pareja de color. ¿Crees que el hijo será blanco, negro o mulato? Tomado de (Caballero-Armenta, 2008)) y 5 (Juan posee ojos de color azul y se casa con María una mujer de ojos color café, ¿de qué color crees que serán los ojos de sus hijos Ana y Dani? ¿Dónde crees que se encuentra la información hereditaria para el color de ojos en los

seres humanos?), los estudiantes piensan que la sangre se mezcla y no identifican el proceso de fecundación ni de recombinación de genes, simplemente fundamentan que los colores de la piel u ojos de los padres se mezclan y por tal razón los hijos salen con determinado rasgo.

2.8 Yo creo que me parezco a mi madre y a mi padre pues porque los dos me hicieron y pues tengo sangre de los dos.

4.16 Pienso y puedo asegurar que el hijo debe salir mestizo, mejor dicho morenito o trigueño, ya que cuando se mezcla el color blanco y el negro sale un gris, se puede decir que este color será un poco más claro que oscuro

5.4 Los hijos tendrán una mezcla de color azul y café por que el papá él es ojos de color azul y la mamá los ojos cafés.

En cuanto a la pregunta 11 (Si realizo un injerto entre dos variedades de naranja ¿Cómo sería la planta obtenida? ¿A cuál de las dos variedades se va a parecer?), los estudiantes indican que el fruto producto del injerto será una mezcla:

11.1 Se obtendrá una planta con las características de juntas variedades si una es dulce y la otra acida se podrá obtener una naranja aci-dulce con características de juntos y no más de una sola.

11.4 Se parecen más a juntos porque tienen las mismas cualidades porque son del mismo fruto si hace un injerto de dos frutas salen en una mezcla.

El modelo herencia mezcladora está basado en la siguiente afirmación “Cuando se combinan los óvulos y los espermatozoides, se produce una mezcla de material hereditario que resulta en una combinación semejante a la mezcla de dos tintas de diferentes colores” (Curtis, 2000); los estudiantes incluidos en este modelo resaltan en sus respuestas que la herencia de ciertos rasgos son resultado de una mezcla de características, permitiendo obtener un fenotipo y genotipo intermedio, similar a lo que se plantea actualmente en los casos de codominancia o dominancia incompleta.

7.1.4 Modelo caracteres adquiridos

El modelo caracteres adquiridos presentó una frecuencia de 27 respuestas (Figura 6-1), los estudiantes mencionan que el comportamiento que ellos tienen es heredado u obtenido durante la crianza; estas afirmaciones corresponden con los planteamientos realizados por el zoólogo Jean Baptise Lamarck en 1809 quien argumentó que las adaptaciones de los seres vivos al medio ambiente, se fijan y se propagan a las generaciones sucesivas, es decir, que estos caracteres son heredables (Ville,1996).

2.7 Yo me parezco más a mi papá en lo malgeniado, en lo recochero, en lo acuerpado en los lunares en mi forma de él y la mía, y a mi mamá en lo sensible.

6.2 Digo yo que el bebe nacerá mochito de la cola por que el papá mochito y la mamá ellos los dos entonces el niño nace así.

6.6 Creo que salieron mochitos de la cola. Pero también puede ser que haya individuos con ambas características.

Se reportó el caso de un estudiante que se refiere a la adquisición de caracteres a través de la sangre, dado que son de la misma familia, este es un tipo de concepción inducida por el entorno familiar y social, Pozo y otros (1989) citado por Mora, (2002). :

7.3 Si mi mamá me da la sangre claro que me voy a parecer a mi mamá porque es la sangre, si otra persona me da la sangre claro que yo no me voy aparecer a esa persona por que no es sangre de mi familia.

De igual manera, los estudiantes se refieren a que los padres heredan a sus hijos rasgos físicos desarrollados, como es el caso de las respuestas a la pregunta 9 (Don Pedro ha trabajado desde muy joven como pescador en el río Ariari, como resultado de su labor, sus brazos son fuertes y musculosos y su espalda es ancha. Don Pedro está próximo a ser padre. ¿Cómo crees que serán las características físicas de su hijo?):

9.15 Si el padre tiene el tipo de gen fuerte entonces el hijo sale como el padre que es musculoso, brazos fuertes y espalda ancha.

9.19 Las características de su hijo sus brazos le van a salir fuertes sale con muchos músculos y su espalda salera aún más ancha porque él salió igual a su papá porque el papá provenía igual sangre que su hijo.

7.1.5 Modelo mendeliano

Las respuestas de los estudiantes ubicados en el modelo mendeliano tuvieron una frecuencia de 39 respuestas (Figura 6-1); las respuestas ubicadas en este modelo se caracterizan por indicar que la herencia es dada entre las diferentes generaciones o razas, y que a su vez esta mediada por genes que en algunos casos identifican como dominante, haciendo evidente la expresión de alguna característica físicas:

2.1 La raza de mi mamá es más tendiente a que sus hijos salgan con sus rasgos, ya que es una raza que se ha dado por generaciones siempre llevando los rasgos de las familias anteriores siendo siempre con rasgos indígenas.

3.1 No los conozco, pero creo que si ya que mi mamá dice que ella es casi igual a ellos y yo me parezco mucho a ella en los rasgos físicos.

4.1 El niño será de color porque el hecho de la mamá o de la que lo engendra sea blanca no quiere decir que tenga los mismo genes pues porque se colocan células de la pareja de color en el vientre de la que va a criar y son los genes de la pareja de color y lógicamente el padre y la madre tienen los genes en el vientre de la otra persona y el niño nace de color.

5.1 Tal vez sean cafés ya que este es más tendiente a quedar en los hijos que los ojos claros. La información hereditaria se encuentra en el ADN ahí es donde pueden saber todos los rasgos físicos.

Se registró el caso de dos estudiantes que reconocen que en la herencia puede haber mutaciones, y reconocen que estas pueden alterar la expresión de rasgos a nivel del fenotipo:

6,16 Pienso que la cola de sus crías debe ser larga debido a que su origen es uno y lo que el trata de hacer es cambiar su aspecto físico al no ser que ocurra una clase de mutación y le salga un poco más corta la cola.

6.18 Pues saldrían los ratoncitos con las colas normales porque yo creo que los padres si les cortan las colas no le afectan a ningún rasgo físico a demás si saldrían con colas cortas será un caso de mutación.

Cabe destacar el hecho de que los estudiantes en algunos casos no identifican la herencia a través de las generaciones pasadas, sino que solo la reconocen a través de padres e hijos; siendo este un obstáculo de tipo general dado que los conceptos se vuelven vagos e indefinidos (Bachelard (1976) citado por Mora, (2002)); a continuación se indican algunas de las respuestas dadas a la pregunta 3 (¿Tienes algún parecido con tus abuelos? ¿Por qué crees que te pareces o por qué no te pareces?), en las cuales se observa el caso mencionado anteriormente:

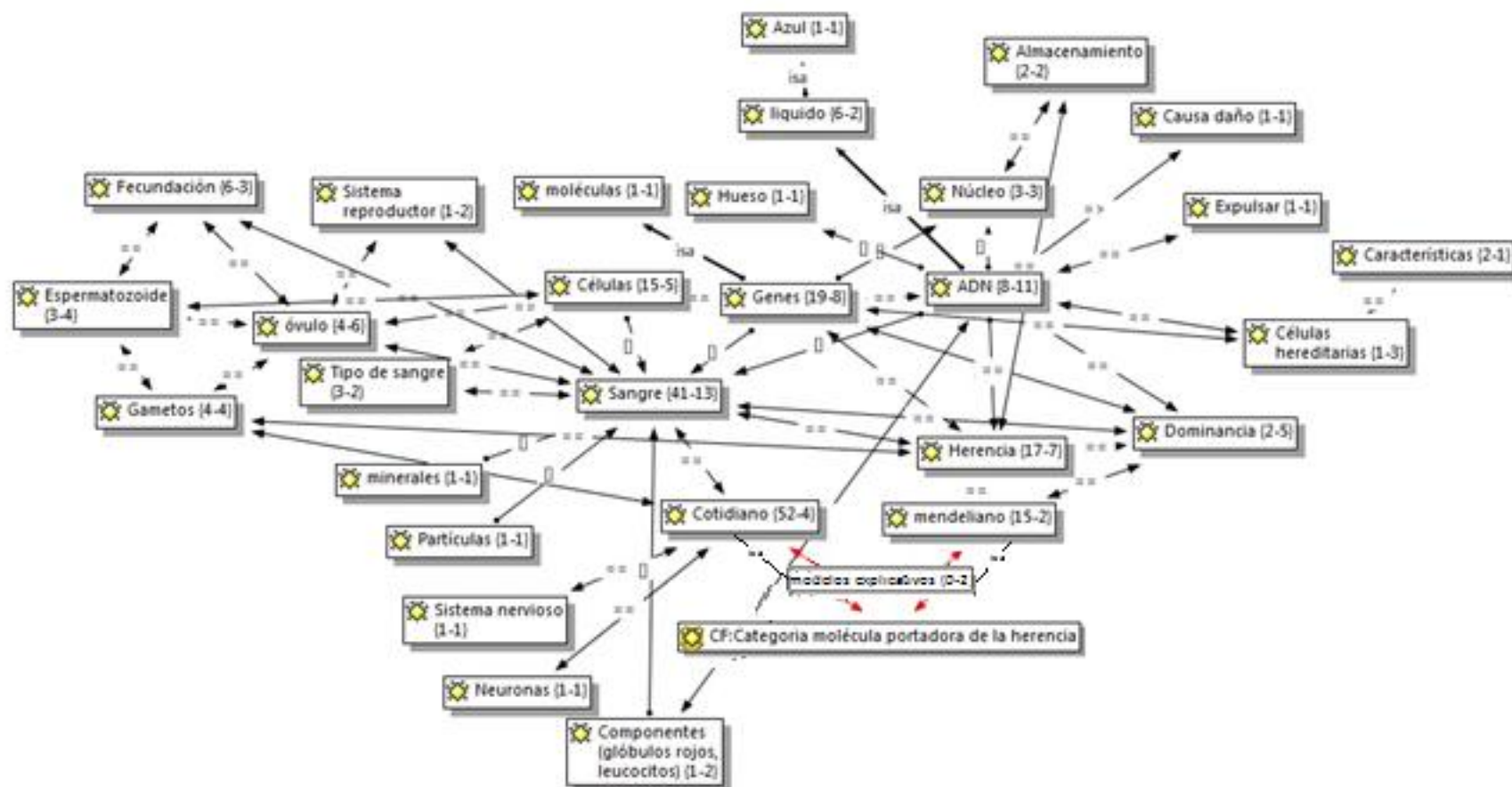
3.10 Yo creo que no me parezco a mis abuelos porque somos totalmente diferentes en lo físico como en lo genético.

3.12 No me parezco porque creo que al ver más hermanas hay algunas de ellas que heredan a mis abuelos y como yo salí pareciéndome a mi mamá pues creo que es por eso que no me parezco a mis abuelos.

3.17 No me parezco en nada a mis abuelos porque mi papá tiene otros rasgos y mi mamá otros al mezclarse no se parecen a la anterior generación.

7.2 Categoría molécula portadora de la herencia

En esta categoría se identificaron dos modelos en las respuestas de los estudiantes: Cotidiano y Mendeliano; a continuación se muestra la red semántica correspondiente a esta categoría, la cual fue utilizada como base para realizar el siguiente análisis:

Gráfica 2 Red semántica categoría molécula portadora de la herencia.

7.2.1 Modelo cotidiano

El modelo cotidiano presentó una de frecuencia 52 respuestas (Gráfica 2). Los estudiantes en su gran mayoría expresaron que los genes, el ADN y las células están contenidos en la sangre, y que estas son las moléculas portadoras de la herencia; esto indica que probablemente los estudiantes han escuchado estos términos en clase pero desconocen el concepto y las funciones que desempeñan en las células y el organismo; según Pozo, (1999) estas ideas previas son de tipo escolar dada la confusión existente entre términos científicos y sensoriales o sociales:

10.1 Si por que en la sangre se encuentra una variedad de cosas como leucocitos, glóbulos rojos plasma desechos y ADN que es donde se encuentra los rasgos físicos de un creciente individuo o de una persona ya formada.

12.9 Se transmiten a través del ADN que es donde están las características hereditarias de una persona vienen a través del ADN y ADN viene de la sangre por eso uno se parece a veces más al papá que a la mamá.

13.9 Si es el ADN y cumple la función de mantener las características hereditarias de los seres humanos y yo pienso que el ADN está en la sangre de todas las personas.

14.5 Yo pienso que los genes provienen de la sangre y son los encargados de transmitir las características hereditarias de padre a hijos.

Las respuestas incluidas en el modelo cotidiano expresan que en los gametos, es decir el ovulo y el espermatozoide contienen la información hereditaria, la cual es transmitida de padres a hijos; es de resaltar que los estudiantes reconocen la participación de los gametos en el proceso de reproducción, fecundación y de herencia de caracteres, sin embargo no identifican la molécula portadora de la herencia, el ADN, ni su ubicación en el núcleo de las células; lo que lleva a plantear que es probable que los estudiantes no han tenido aprendizajes en profundidad acerca de los temas relacionados con la molécula portadora de la herencia:

8.4 Al ovulo llegan los espermatozoides que sirven para el embarazo para los animales y seres humanos.

10.16 La herencia reside en la sangre debido a que la sangre se encuentra extendida por todo el cuerpo y se transmite a través de la fecundación.

12.1 Del ovulo y el espermatozoide de sus padres, se transmiten a través de genes que están en el padre y en la madre al tener coito los padres y fecundar el ovulo el espermatozoide ahí queda la información.

La definición del término de herencia, en general, es comprendido por los estudiantes del grado octavo, sin embargo en la mayoría de los casos se asocia con la sangre, posiblemente a causa de la asociación que ellos realizan de este término con las creencias populares de la comunidad, según Pozo, (1999) estas son ideas previas culturales, esto se ve reflejado en algunas de las respuestas dadas a las preguntas número 10 (En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Piensas que la herencia reside en la sangre?) y 12 (¿De dónde crees que reciben los organismos las características hereditarias? ¿A través de que se transmiten estas características?) del instrumento de ideas previas:

10.8 Si por que uno se parece a los padres o familiares y eso va por la sangre porque son familia y deben parecerse en algo.

10.14 Si es verdad que la herencia es de la sangre por qué tal vez del palo sale astilla o también puede ser ahí está pintado.

12.5 Las características de mi papá y mi mamá provienen de la sangre hereditaria que me dieron a mí.

12.12 Se transmiten a través de mi papá y mi mamá porque ellos son los que nos heredan a nosotros sus hijos y a través de la sangre, para así tener sus rasgos parecidos a sus padres.

En las respuestas de algunos de los estudiantes se destaca la asociación entre el ADN y los genes con las creencias populares, las cuales tal vez son inducidas por el contexto donde ellos se desarrollan, el cual es un área rural donde las creencias populares son arraigadas, sin embargo, es de resaltar como en el caso anterior, que los estudiantes identifican el término de herencia:

13.4 No he escuchado de eso pero creo que es una mezcla de minerales que hay en la sangre y el ácido desoxirribonucleico que hay en la sangre.

14.9 Genes, yo creo que son partículas que hay en la sangre de las personas

14.14 Genes, yo pienso que una bolita pequeña que va en la sangre de todo ser vivo es cuando va adentro de las venas pero entonces son más chiquitos.

15.3 El ADN esta en todo el cuerpo humano pero más que todo en la sangre de la persona o en las huellas de los dedos y así lo pueden encontrar a uno.

Es de resaltar unos casos aislados en las cuales las respuestas claramente se encuentran en el modelo cotidiano, y que reflejan las concepciones de tipo inducidas propuestas por Pozo y otros, (1989) citado por Mora, (2002) dado que se evidencia que los estudiantes dan argumentos a las respuestas dadas a las preguntas con hechos de la vida cotidiana; se presentan unas respuestas dadas a la pregunta 13 (¿Has escuchado hablar del ácido desoxirribonucleico? ¿Sabes qué es y qué función cumple?) del instrumento de ideas previas:

13.7 Es un ácido que hace mucho daño en todo el cuerpo como en la cara, brazos, espalda y en otras partes del cuerpo eso es lo que entiendo.

13.13 No he escuchado de ese pero a mí me parece de que eso es un hueso pues yo creo que es eso porque hay un hueso que se llama casi así eso es mi pensamiento.

7.2.2 Modelo mendeliano

Este modelo presento una frecuencia de 15 respuestas; las respuestas incluidas en este modelo identifican a diferencia de los otros, el papel que desempeñan los genes y el ADN en la herencia de caracteres:

10.10 Yo pienso que la herencia no se da en la sangre eso va en las células porque las células son las encargadas de transmitir lo genético de generación a las hijas.

12.10 Los organismos que reciben las características hereditarias de los genes y ellas viene de las células las cuales se distribuyen por todo el organismo.

13.18 El ácido desoxirribonucleico es el que trasmite la información hereditaria y estos son los que dan los rasgos físicos.

Se reportaron dos respuestas para destacar, dada la complejidad que muestran, puesto que, se parte del hecho de que los estudiantes del grado octavo desconocen el tema, ya que la unidad de genética se ve a partir de este grado, y en muchos casos sin tener en cuenta la parte molecular que está involucrada en el proceso de la herencia:

13.1 El ácido desoxirribonucleico es un ácido nuclear y este se encarga de almacenar la información hereditaria de algún individuo también sirve para inscribirse este a ARN y este a proteínas.

15.10 Porque el ADN es el que trasporta la información genética del ser humano es como una cedula si no que está en el interior de nuestro organismo.

7.3 Obstáculos

Los obstáculos encontrados en los estudiantes de grado octavo, sobre el concepto de herencia son clasificados, según Bachelard (1976) citado por Mora (2002), como de experiencia o conocimientos previos y verbales, es decir conceptuales o epistemológicos; dado que en el primer caso constituyen observaciones que realizan los estudiantes basándose en el entorno que los rodea, y en el segundo caso a las interpretaciones y uso

de palabras que realiza el estudiante para explicar conceptos mediante ejemplos o metáforas; a continuación se mencionan los obstáculos encontrados:

- Desconocimiento de la morfología y fisiología celular básica.
- Considerar que la herencia reside en la sangre.
- Atribuir la herencia a creencias religiosas, al género o a las emociones de los padres al momento de concebirlos.
- Dificultad en identificar la molécula portadora de la herencia y su ubicación en las células.
- Atribuir la herencia a los gametos de acuerdo al género.
- Considerar que los rasgos físicos y caracteres que se heredan son el resultado de la mezcla de ambos progenitores.
- Considerar que el comportamiento es heredado u adquirido durante la crianza.
- Dificultad para comprender y representar los conceptos de: ADN, gen, alelo y cromosoma; y todos los procesos (Replicación, transcripción, traducción) que se llevan a cabo a nivel molecular relacionados con la herencia.
- Considerar que la molécula portadora de la herencia es exclusiva de los gametos y la sangre.
- No reconocer los procesos a nivel molecular relacionados con la herencia.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

A partir de estos resultados se plantean seis actividades para el desarrollo de la unidad didáctica, comenzando con una actividad de repaso acerca de los conceptos básicos de célula dado que es de resaltar que a pesar de que los estudiantes ven esta temática desde sexto de secundaria, en este caso desconocen la morfología y fisiología celular, lo cual es un obstáculo que puede dificultar el proceso de enseñanza - aprendizaje del concepto de herencia, por tal motivo se incluye como una actividad de repaso que permite el desarrollo de las demás actividades propuestas para superar los obstáculos encontrados durante el desarrollo de esta investigación.

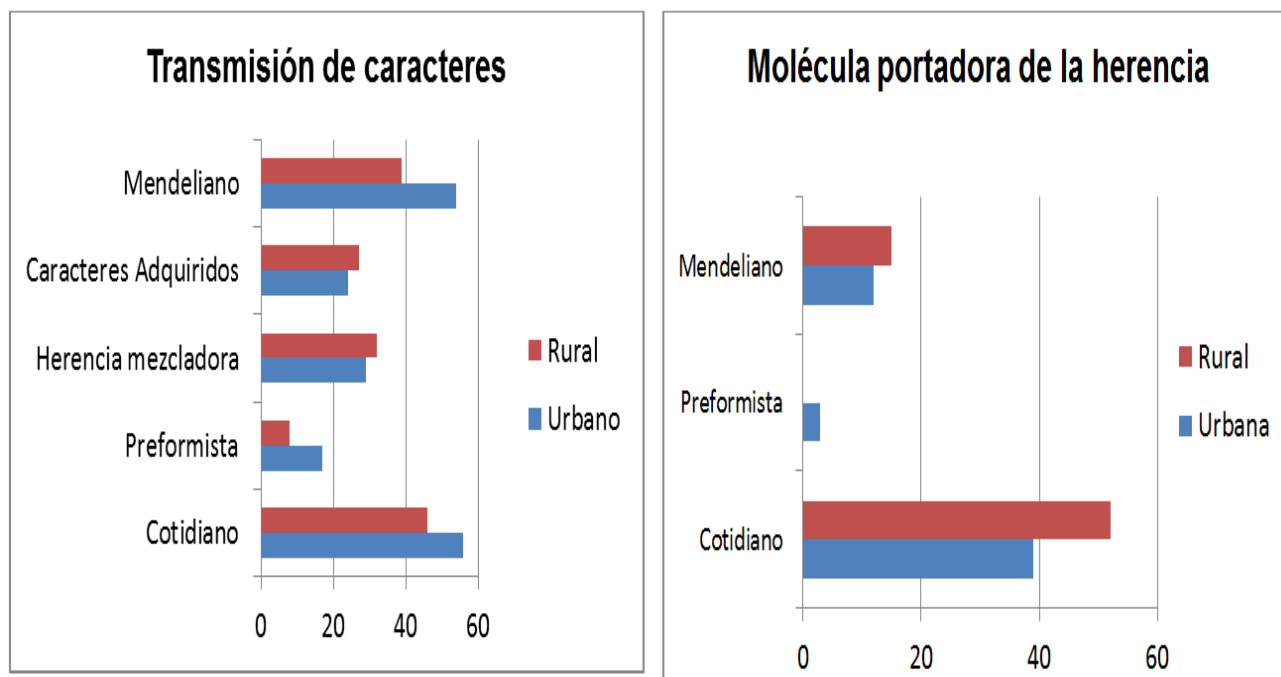
7.4 Comparación entre el análisis de las respuestas de los estudiantes del área urbana y rural

A continuación se describe el análisis comparativo realizado entre las frecuencias de respuestas de los 19 estudiantes del área rural, los cuales fueron evaluados durante el presente estudio para realizar la descripción cualitativa de los resultados; y de los 22 estudiantes del área urbana evaluados en el estudio paralelo realizado por otra estudiante del mismo posgrado, los cuales fueron facilitados para realizar el análisis cuantitativo presentado a continuación; ambas instituciones educativas evaluadas pertenecen al municipio de Puerto Concordia, en el departamento del Meta:

Tabla 4 Comparación de frecuencias de respuestas entre los estudiantes del área urbana y rural.

Categoría	Modelos	Frecuencias Total	
		Urbana	Rural
Transmisión de caracteres	Cotidiano	56	46
	Preformista	17	8
	Herencia mezcladora	29	32
	Caracteres Adquiridos	24	27
	Mendeliano	54	39
Molécula portadora de la herencia	Cotidiano	39	52
	Preformista	3	0
	Mendeliano	12	15

Gráfica 3. Frecuencia de respuestas en cada modelo de la categoría transmisión de carácter y molécula portadora de la herencia en el área urbana y rural



En general las frecuencias de respuestas entre los estudiantes no presentaron diferencias significativas (Tabla. 4)(Gráfica. 3), en ambos casos se destaca que se identificó la dominancia del modelo cotidiano en las dos categorías analizadas, seguido por el modelo mendeliano; la diferencia más notoria es el caso presente en la categoría molécula portadora de la herencia, donde en el área urbana se presentó el modelo preformista a diferencia del área rural donde no se registraron respuestas incluidas en este modelo.

El análisis de varianza realizado para la categoría transmisión de caracteres (Tabla 5) y molécula portadora de la herencia (Tabla 6), arrojó un valor de P (Probabilidad) $P < 0,05$ para el análisis de los modelos de cada categoría, indicando cambios significativos en las frecuencias de respuestas. Sin embargo el valor de P (Probabilidad) $P > 0,05$ para el análisis entre áreas (Urbana y Rural) indica que no existen diferencias significativas entre los modelos de cada categoría del área urbana y el área rural.

Tabla 5 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para la categoría Trasmisión de caracteres.

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Modelo Cotidiano	2	102	51	50		
Modelo preformista	2	25	12,5	40,5		
Modelo Herencia						
Mezcladora	2	61	30,5	4,5		
Modelo Caracteres adquiridos	2	51	25,5	4,5		
Modelo Mendeliano	2	93	46,5	112,5		
Área Urbana	5	180	36	319,5		
Área Rural	5	152	30,4	208,3		
ANÁLISIS DE VARIANZA		transmisión de caracteres				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Modelos	1977,6	4	494,4	14,802	0,0115	6,3882
Área	78,4	1	78,4	2,3473	0,2003	7,7086
Error	133,6	4	33,4			

Tabla 6 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo para la categoría molécula portadora de la herencia.

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Modelo				
Mendeliano	2	91	45,5	84,5
Modelo				
Preformista	2	3	1,5	4,5
Modelo Cotidiano	2	27	13,5	4,5
Área Urbana	3	54	18	351
Área rural	3	67	22,333	716,33

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Modelos	2069,33	2	1034,7	31,673	0,0306	19
Áreas	28,1667	1	28,167	0,8622	0,4511	18,513
Error	65,3333	2	32,667			

En cuanto a los tipos de ideas previas se encontró que para ambos casos dominan las de tipo cultural e inducidas por el ambiente familiar y social según Pozo y otros, (1989) citado por Mora (2002), soportando el hecho de que el modelo cotidiano sea el predominante; por otra parte, los obstáculos para ambos casos son de conocimientos previos o verbales según Bachelard (1976) citado por Mora (2002).

A partir de este análisis se plantea que las similitudes entre las frecuencias de las respuestas y en la identificación de los modelos, es consecuencia del entorno social y cultural en el cual se desarrollan los estudiantes; estos factores son de destacar en este tipo de estudios dado que el contexto en el cual se encuentran los estudiantes influye en gran medida en los procesos de enseñanza - aprendizaje, es probable que en este caso no se presenten diferencias por tratarse de estudiantes del grado octavo pertenecientes a la misma región, en este caso el municipio de Puerto Concordia en el departamento del Meta.

De igual manera se propone que probablemente a pesar de que la metodología de enseñanza en el área urbana y rural es diferente, los procesos de aprendizaje que llevan a cabo los estudiantes son similares y se caracterizan por la carencia de aprendizajes en profundidad, este factor pudo igualmente haber influenciado en el hecho de que las respuestas de los estudiantes se presentarán con mayor frecuencias en el modelo cotidiano, que los tipos de ideas previas fueran inducidas y los obstáculos de tipo verbal,

8.Unidad didáctica

Esta unidad didáctica contiene seis actividades, cada una conformada por cinco partes: El primero, la identificación de los obstáculos frente al aprendizaje de este concepto; segundo, los objetivos planteados para superar los obstáculos encontrados; tercero, la aplicación de una serie de actividades para cumplir con los objetivos propuestos; cuarto y quinto, reflexión sobre el proceso de aprendizaje y evaluación, procesos que se llevarán a cabo durante toda la aplicación de las actividades y pretenden mostrar la evolución del aprendizaje en los estudiantes.

8.1 Objetivos de la unidad

Con el desarrollo de esta unidad didáctica se pretende:

- Promover la comprensión en profundidad del concepto de herencia.
- Desarrollar el proceso de reflexión del aprendizaje en los estudiantes.
- Potenciar el uso adecuado del lenguaje científico en las explicaciones de los conceptos elaborados por los estudiantes.
- Promover los procesos argumentativos mediante el debate y la reflexión crítica de los estudiantes.

8.2 Actividades

Actividad 1. Repaso: ampliando mis conocimientos sobre la célula.

Actividad 2. Identificando El Material Genético.

Actividad 3. Aprendiendo sobre división celular.

Actividad 4. Mis primeros conceptos de genética.

Actividad 5. Ampliando mis conocimientos sobre genética.

Actividad 6. Lo más profundo: Bases moleculares de la herencia.

8.2.1 Actividad 1. Repaso: ampliando mis conocimientos sobre la célula

Institución Educativa Puerto Iris Sede Internado -Puerto Concordía (Meta)

Docente: Biol. Melissa Irene González García.

Esta actividad tiene como finalidad ampliar los conocimientos sobre las partes, organelos y moléculas, que conforman las células, y las funciones que desempeñan, para recordar los conceptos básicos y mejorar el uso del lenguaje relacionado con la célula, y regular tu propio proceso de aprendizaje.

A- Obstáculos encontrados:

- Desconocimiento de la morfología y fisiología celular básica.

B- Objetivos:

- Identificar las partes que conforman las células.
- Relacionar cada estructura celular con su respectiva función.
- Identificar las moléculas que conforman las células.
- Manejar la terminología adecuada acerca de la célula.

C- Actividades

1- Realiza una consulta acerca de las moléculas biológicas, sus funciones y clasificación; con base en la información que consultes realiza las siguientes actividades (Puedes consultar este link: <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/celular/macromoleculas.html>):

a- Con base en la consulta realiza un ensayo acerca las moléculas biológicas, debes de incluir las siguientes palabras: Molécula, lípido, fosfolípidos, proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos.

Ensayo: _____

b- ¿Existe algún tipo de relación entre las moléculas y las células?

c- ¿Cuáles moléculas se encuentran en las células?

d- Representa la estructura química de las siguientes moléculas y consulta su respectiva función en la célula:

Carbohidratos	Lípidos	Aminoácidos	Ácidos nucleicos
Glucosa	1,2-diacilglicerol	Valina	ADN
Función	Función	Función	Función

e-¿Es importante conocer a acerca de las moléculas para mejorar tú comprensión acerca de la célula?

2- Lee las siguientes definiciones y realiza las siguientes actividades:

"Las células se distinguen por presentar tres partes fundamentales: la membrana plasmática, el núcleo y el citoplasma.

Membrana plasmática: Constituye el límite de la célula y, por lo tanto, la separa del medio externo celular. Está formada por una bicapa de lípidos (fosfolípidos); en esta bicapa se encuentran insertas diferentes proteínas, algunas de las cuales actúan como bombas y canales para el transporte de sustancias hacia dentro y fuera de la célula. La membrana plasmática actúa como una barrera semipermeable porque regula el flujo de sustancias en ambas direcciones, hacia el interior y exterior de la célula.

Núcleo: Es el organelo más notorio en el citoplasma de la célula. Se encuentra separado del contenido celular por una doble membrana, llamada envoltura nuclear, la cual presenta poros nucleares para mantener la comunicación entre el citoplasma y el núcleo, y así poder realizar funciones como por ejemplo permitir el paso del ARN mensajero para la síntesis de proteínas.

Citoplasma: Es el contenido celular que se encuentra al interior de la membrana celular o plasmática. En el citoplasma se hallan los organelos celulares y una serie de fibras que le otorgan la forma a cada célula".

(Tomado de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=137258>)

a-¿Cuáles son las partes fundamentales de una célula?

b- Explica con base en la lectura la función y como están conformadas las siguientes partes de la célula:

Membrana: _____

Núcleo: _____

Citoplasma: _____

c- ¿Consideras que la lectura te ayuda a mejorar tu comprensión acerca de las partes fundamentales de la célula? Justifica tu respuesta.

Con base en la descripción dada en la lectura anterior acerca de las partes fundamentales de la célula, construye una maqueta de la estructura química de la membrana celular indicando sus partes; realiza un plan para elaborar la maqueta y un discurso de 15 minutos donde describas la membrana celular y las funciones que desempeña, después de elaborar la maqueta y el discurso evaluarás si cumpliste o no la planeación. Explica por qué la cumpliste o no la cumpliste.

Plan: _____

¿Cumpliste el plan? SI: _____ **NO:** _____

Justifica tu respuesta:

3- Observa la figura de la célula y los organelos que la conforman en el siguiente link <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/04moleculascalules/04moleculascaluleses.htm>; y realiza las siguientes actividades:

a- ¿Cuáles organelos están ubicados en el citoplasma?

b- ¿Qué contiene el núcleo de la célula?

c- Consulta la función de los siguientes organelos celulares:

Aparato de Golgi: _____

Centrosoma: _____

Cromatina: _____

Lisosoma: _____

Mitocondria: _____

Ribosoma: _____

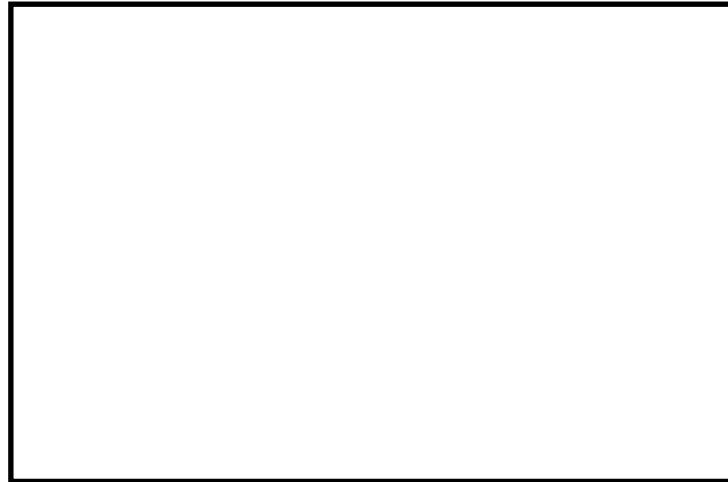
Vacuola: _____

Retículo endoplasmático liso: _____

Retículo endoplasmático rugoso: _____

d- Con base en la consulta realizada y las actividades elaboradas, realiza un ensayo donde describas ¿Cómo está conformada una célula?; debes de emplear lenguaje científico.

e- De acuerdo a lo que has escrito en el punto anterior, realiza una representación de una célula (Recuerda indicar sus partes).



f- ¿Consideras que la descripción de la célula y la representación que has realizado te permiten explicar de manera adecuada la composición de una célula? Justifica tu respuesta.

4- Con ayuda de los siguientes términos construye un mapa conceptual, y realiza las siguientes actividades:

Célula, procariota, eucariota, animal, vegetal, membrana celular, núcleo, citoplasma, ribosomas, lisosomas, mitocondria, aparato de Golgi, retículo endoplasmático, vacuola, cloroplasto, pared celular, cromosoma, flagelo, cápsula.

a- Elabora un objetivo para la realización del mapa conceptual.

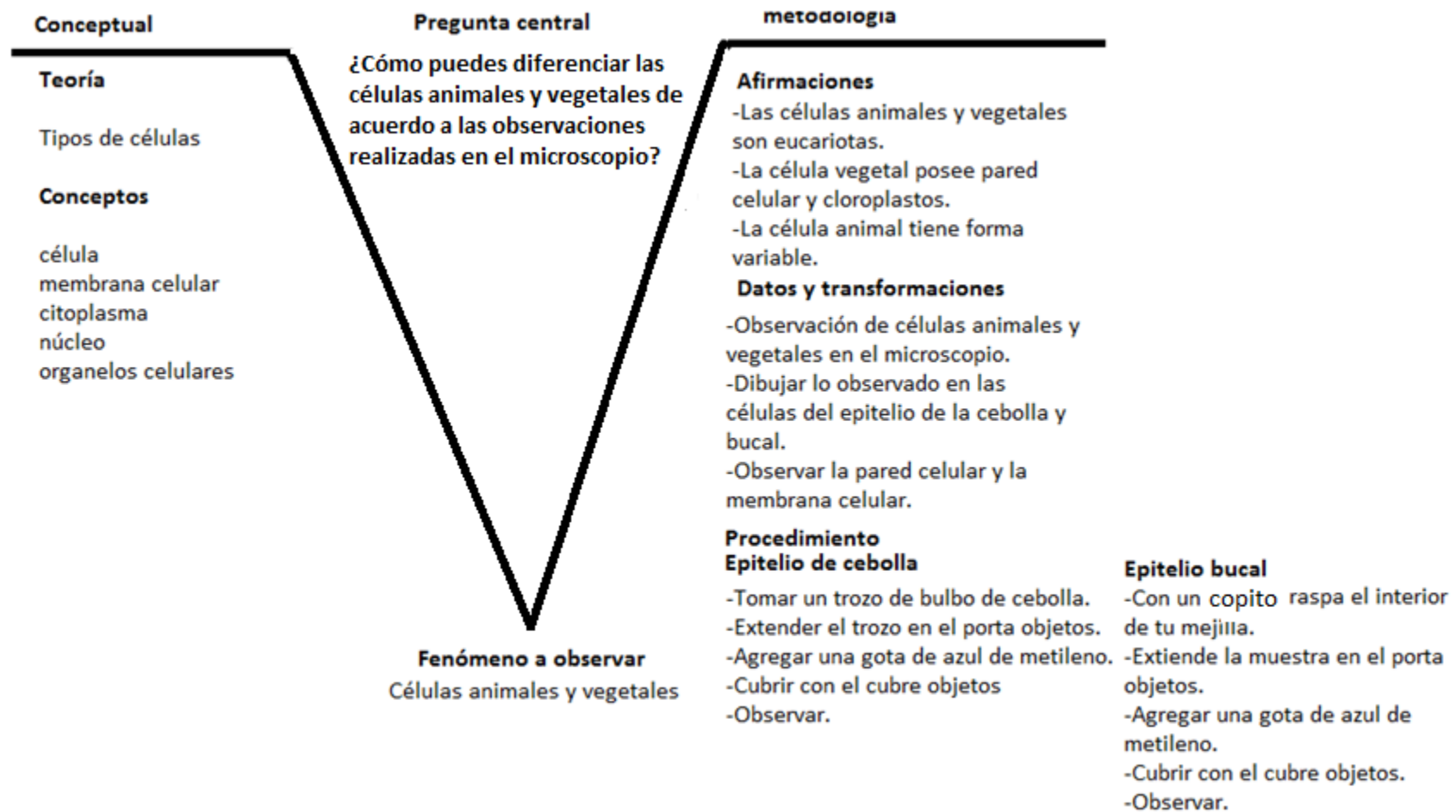
b- Explica ¿Cómo puedes alcanzar este objetivo?

c- Evalúa si cumpliste el objetivo.

d- Realiza una descripción del mapa conceptual que construiste.

e- ¿Consideras que el mapa conceptual que construiste te permite diferenciar los tipos de células? Justifica tu respuesta.

f- ¿La construcción del mapa conceptual te permitió mejorar tu comprensión acerca de los tipos de células? Justifica tu respuesta.

Gráfico 4.Práctica de laboratorio “Observación de células animales y vegetales” (Muñoz, C. *et al* 2010)

5- Responde las siguientes preguntas de acuerdo a la práctica de laboratorio:

a- ¿Qué queremos saber?

b- ¿Cómo realizamos el experimento?

c- ¿Qué observamos?

d- Explicamos el fenómeno observado.

e- ¿Cómo interpretamos los resultados?

f- ¿Cómo respondemos a la pregunta planteada?

g- Realiza una descripción de las células animales y vegetales que observaste. Debes de incluir un dibujo de tus observaciones.

h- De acuerdo a la forma y el tamaño ¿Cómo se diferencian las células animales y vegetales?

6- Completa los siguientes cuadros:

	Célula Procariota	Célula Eucariota
SIMILITUDES		
DIFERENCIAS		

	Célula Animal	Célula Vegetal
SIMILITUDES		
DIFERENCIAS		

a- ¿Crees que las actividades realizadas te han permitido mejorar tus conocimientos acerca de los tipos de células?

b- ¿Qué términos nuevos has aprendido?

c-¿Consideras que puedes diferenciar los tipos de células de acuerdo a las partes y organelos que la conforman? ¿Por qué?

7- A continuación encontrarás unas afirmaciones acerca de los temas tratados en esta actividad, menciona si estás de acuerdo (SI) o en desacuerdo (NO) y justifica respuesta:

a- Los seres vivos están constituidos por células. ()

JUSTIFICACIÓN_____

b-Todas las células están formadas por moléculas. ()

JUSTIFICACIÓN_____

c-Las células procariotas pueden ser de tipo animal o vegetal. ()

JUSTIFICACIÓN_____

d-Todas las células poseen membrana, citoplasma y núcleo. ()

JUSTIFICACIÓN_____

e-La cromatina que se encuentra en el núcleo se encarga de almacenar la información hereditaria. ()

JUSTIFICACIÓN_____

f-No todas las células poseen información hereditaria. ()

JUSTIFICACIÓN_____

D-Reflexión del aprendizaje

1-Durante el desarrollo de esta actividad ¿Qué dificultades tuviste?

2-¿Consideras que tus conocimientos acerca del tema “la célula” se han ampliado? ¿Por qué?

3-Escribe dos conclusiones acerca de la composición de una célula . Trata de utilizar lenguaje científico en tu respuesta.

4-Hasta el momento ¿Qué dudas te quedan respecto a los organelos y moléculas que conforman la célula, y sus funciones?

5-Al finalizar la actividad completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 7 .Autoevaluación. Actividad 1: Repaso: Ampliando mis conocimientos sobre la célula.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E- Evaluación

En esta actividad en grupo (parejas) completa el siguiente cuadro, reflexiona sobre las respuestas dadas por ti y las observaciones realizadas por tu compañero. (Adaptado de Sanmartí, 2007)

Tabla 8 Evaluación actividad 1: Repaso: Ampliando mis conocimientos sobre la célula.

Pregunta	Para explicar la composición química de una célula	Para explicar la estructura de una célula	Para diferenciar los tipos de células	Para relacionar los organelos con su ubicación en la célula y su función
Mi respuesta inicial ha sido:				
¿Qué he hecho mal?				
¿Por qué lo he hecho mal?				
¿Está bien justificado?				
¿Qué le recomendarías a tu compañero para mejorar?				

8.2.2 Actividad 2. Identificando el material hereditario

Institución Educativa Puerto Iris Sede Internado -Puerto Concordía (Meta)

Docente: Biol. Melissa Irene González García.

Esta actividad tiene como finalidad ampliar los conocimientos sobre el material hereditario localizado en el núcleo celular para contribuir en el desarrollo sobre el concepto de herencia. Encontraras actividades para aprender términos científicos, mejorar el uso del lenguaje científico durante tus justificaciones y regular tu propio aprendizaje.

A- Obstáculos encontrados:

- Considerar que la herencia reside en la sangre.
- Atribuir la herencia a creencias religiosas, al género o a las emociones de los padres al momento de concebirlos.
- Dificultad en identificar la molécula portadora de la herencia y su ubicación en las células.
- Considerar que la molécula portadora de la herencia es exclusiva de los gametos y la sangre.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

B- Objetivos:

- Identificar la ubicación del material hereditario.
- Reconocer como se almacena el material hereditario.
- Manejar la terminología adecuada sobre el material hereditario.

C-Actividades:

1- Recientemente se realizó una encuesta a los estudiantes del grado octavo sobre sus creencias acerca de la ubicación de la información hereditaria, todas sus respuestas corresponden al modelo cotidiano del concepto de herencia; este modelo se caracteriza por presentar ideas o creencias populares y culturales acerca de la herencia:

- En la sangre se encuentra una variedad de cosas como leucocitos, glóbulos rojos plasma desechos y ADN que es donde se encuentra los rasgos físicos de un creciente individuo o de una persona ya formada.
- Se transmiten a través del ADN que es donde están las características hereditarias de una persona vienen a través del ADN y ADN viene de la sangre por eso uno se parece a veces más al papá que a la mamá.
- De la sangre de donde vienen los genes de la mamá y el papá porque ellos me pasaron la sangre a mí y por eso yo me parezco a ellos.
- Yo pienso que el ADN está en la sangre de todas las personas.
- El ADN se encuentra en la sangre mejor dicho en todas partes del cuerpo cumple la función de identificar las características de una persona que ha muerto.
- Yo pienso que los genes provienen de la sangre y son los encargados de transmitir las características hereditarias de padres a hijos.
- La herencia reside en la sangre debido a que la sangre se encuentra extendida por todo el cuerpo.

a- ¿Qué tienen en común estas respuestas?

b- Según las respuestas dadas por tus compañeros ¿Dónde se encuentra el material hereditario?

c- ¿Es común escuchar el tipo de respuestas dadas por tus compañeros en personas que viven en tu comunidad? Justifica tu respuesta.

d- ¿Qué permite explicar el modelo cotidiano de la herencia acerca de la transmisión de características de padrea a hijos? Justifica tu respuesta.

e-¿Qué **NO** permite explicar el modelo cotidiano de la herencia acerca de la transmisión de características de padrea a hijos? Justifica tu respuesta.

f- Explica si estás de acuerdo o en desacuerdo con las afirmaciones realizadas por tus compañeros. ¿Dónde reside la información hereditaria? Intenta utilizar términos científicos en la justificación de tu respuesta.

2- Con base en el siguiente texto realiza las actividades:

"Considerando su importancia en el almacenamiento y utilización de la información genética, el núcleo de una célula eucariota tiene morfología más bien común. El contenido del núcleo aparece como masa viscosa amorfa de material contenido en una **envoltura nuclear** compleja. Dentro del núcleo de una célula típica se incluyen; **1)** los **cromosomas**, visibles como fibras muy largas de nucleoproteína llamada **cromatina**; **2)** la **matriz nuclear**, que es una red fibrilar que contiene proteínas; 3) uno o más **nucléolos**, que son estructuras amorfas electrónicamente densas que sirven para sintetizar RNA ribosómico y en el ensamblado de ribosomas, y **4)** el **nucleoplasma**, sustancia líquida en la cual se disuelven los solutos del núcleo"

(Tomado de: Karp, 1998)

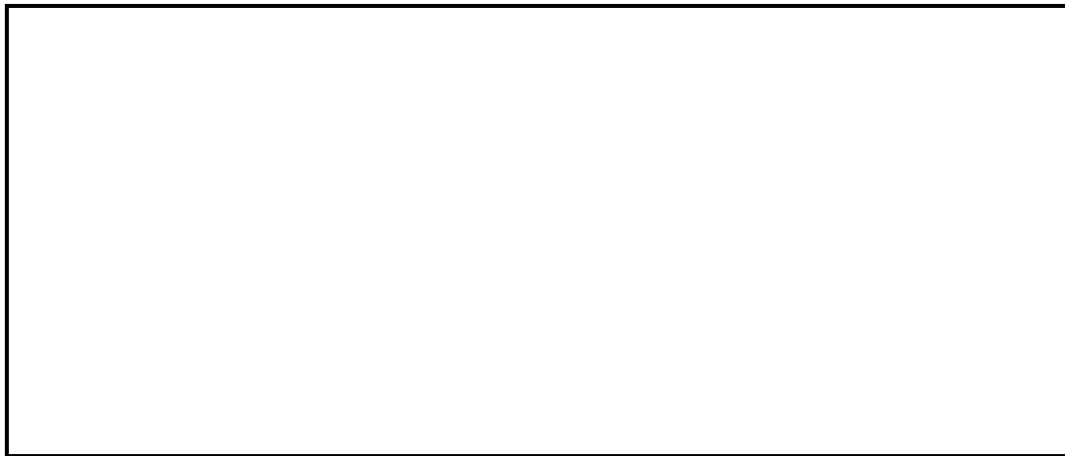
a-¿Qué título le pondrías al texto? Justifica tu respuesta.

b-¿Consideras que la información suministrada en el texto es útil para conocer más acerca del núcleo celular? Justifica tu respuesta.

c-¿Cómo describirías al núcleo celular?

d-¿Qué contiene el núcleo celular?

e-Realiza una representación del núcleo celular con base en la descripción que escribiste, debes de indicar sus partes.



3-Observa figura del núcleo celular que se encuentra en el siguiente link: <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/celular/nucleo.html> y realiza las actividades:

a- Consulta las funciones de las siguientes estructuras:

Poros nucleares: _____

Membrana nuclear: _____

Espacio perinuclear: _____

Nucleolo: _____

Nucleosol: _____

Cromatina: _____

a- ¿Por qué el núcleo es considerado como el sitio de almacenamiento de la información hereditaria?

b- ¿Qué relación existe entre la membrana nuclear y los poros nucleares?

c- ¿Qué tipo de moléculas pueden ser transportadas entre el núcleo y el citoplasma?

d- Lee el siguiente texto y responde las preguntas:

La cromatina está constituida por ADN y proteínas, aparece durante la división celular; es una estructura altamente condensada durante la mitosis, pero cuando la célula entra en división la cromatina se organiza en estructuras individuales que son los cromosomas. Durante la división celular, la cromatina (heterocromatina) permanece muy condensada y es inactiva mientras que la restante (eucromatina) se encuentra descondensada y se distribuye a través de núcleo.

Adaptado de: <http://genomasur.com/lecturas/Guia10.htm>

a- ¿Cómo está conformada la cromatina?

b-¿Cuáles son los tipos de cromatina y como los podemos diferenciar?

c-¿Qué moléculas conforman un cromosoma?

d-¿Qué funciones cumplen los cromosomas?

e-¿Consideras que tu comprensión acerca de la cromatina y los cromosomas ha mejorado? Justifica tu respuesta.

4-Observa el video que se encuentra en el siguiente link y realiza las actividades:

<http://www.youtube.com/watch?v=X6bdNCuK-zw>

a- Consulta el significado de los siguientes términos:

Histona: _____

Nucleosoma: _____

Solenoide: _____

Cromosoma: _____

b-Con base en los términos consultados y la información suministrada en el video, responde de la siguiente pregunta ¿Cómo se empaqueta el material hereditario en el núcleo? (Recuerda utilizar todos los términos del punto anterior en tu descripción)

c-¿Consideras que la información suministrada en el video es útil para realizar la descripción del punto anterior? Justifica tu respuesta.

d-¿Has comprendido la forma como se empaqueta el material hereditario? Justifica tu respuesta.

5-Responde las siguientes preguntas de acuerdo a lo que has aprendido durante el desarrollo de las actividades:

a-¿Por qué es importante conocer acerca de la ubicación del material hereditario? Justifica tu respuesta.

b-¿Por qué el ADN se encuentra empaquetado en el núcleo de las células?

c-¿El empaquetamiento del ADN cumple una función especial en el núcleo de la célula?

d-¿Qué ocurriría con el ADN si no se encontrara empaquetado en el núcleo de la célula?

e-¿En qué procesos celulares interviene el núcleo?

D- Reflexión del aprendizaje

1-Durante el desarrollo de esta actividad ¿Qué dificultades tuviste?

2-¿Qué aprendiste acerca del núcleo de la célula?

3-Escribe dos conclusiones acerca de la composición del núcleo de la célula. Trata de utilizar vocabulario científico en tu respuesta.

4-Hasta el momento ¿Qué dudas te quedan respecto al almacenamiento de la información hereditaria?

5-Al finalizar la actividad completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 9 Autoevaluación. Actividad 2: Identificando el material genético.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E-Evaluación

En esta actividad en grupo (parejas) completa el siguiente cuadro, reflexiona sobre las respuestas dadas por ti y las observaciones realizadas por tu compañero (a). (Adaptado de Sanmartí, N. 2007)

Tabla 10 Evaluación. Actividad 2: Identificando el material genético.

Pregunta	Para ubicar la información hereditaria	Para describir el proceso de empaquetamiento del ADN	Para explicar la importancia del empaquetamiento del ADN
Mi respuesta inicial ha sido:			
¿Qué he hecho mal?			
¿Por qué lo he hecho mal?			
¿Está bien justificado?			
¿Qué le recomendarías a tu compañero (a) para mejorar?			

8.2.3 Actividad 3. Aprendiendo sobre división celular

Institución Educativa Puerto Iris Sede Internado -Puerto Concordía (Meta)

Docente: Biol. Melissa Irene González García.

Esta actividad tiene como finalidad conocer acerca del proceso de división celular, para contribuir en el desarrollo sobre el concepto de herencia. Encontraras actividades para aprender términos científicos, mejorar el uso del lenguaje científico durante tus justificaciones y regular tu propio aprendizaje.

A- Obstáculos encontrados:

- Atribuir la herencia a los gametos de acuerdo al género.
- Dificultad en identificar la molécula portadora de la herencia y su ubicación en las células.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

B-Objetivos:

- Reconocer el proceso de división celular como base de la reproducción.
- Identificar los tipos de división celular: Mitosis y meiosis.
- Relacionar la reproducción con el proceso de fecundación.
- Manejar la terminología adecuada sobre el proceso de división celular, reproducción y fecundación.

C-Actividades

1- A continuación encontrarás un texto tomado de Nuñez, R & Escalona, J. Ciclo celular. UNAM, léelo y responde las siguientes preguntas:

CICLO CELULAR

"De acuerdo a la teoría celular establecida por el biólogo alemán Rudolf Virchoff en el siglo XIX, "las células sólo provienen de células". Las células existentes se dividen a través de una serie ordenada de pasos denominados ciclo celular; en la célula aumenta

su tamaño, el número de componentes intracelulares (proteínas y organelos), duplica su material genético y finalmente se divide.

El ciclo celular se divide en dos fases:

1) Interfase, que consta de:

- **Fase de síntesis (S):** En esta etapa la célula duplica su material genético para pasarle una copia completa del genoma a cada una de sus células hijas.

- **Fase G1 y G2 (intervalo):** Entre la fase S y M de cada ciclo hay dos fases denominadas intervalo en las cuales la célula está muy activa metabólicamente, lo cual le permite incrementar su tamaño (aumentando el número de proteínas y organelos), de lo contrario las células se harían más pequeñas con cada división.

2) Fase M

Mitosis (M): En esta fase se reparte a las células hijas el material genético duplicado, a través de la segregación de los cromosomas. La fase M, para su estudio se divide en:

- **Profase:** En esta etapa los cromosomas (constituidos de dos cromátidas hermanas) se condensan en el núcleo, mientras en el citoplasma se comienza a ensamblar el huso mitótico entre los centrosomas.

- **Metafase:** Comienza con el rompimiento de la membrana nuclear, de esta manera los cromosomas se pueden unir al huso mitótico (mediante los cinetocoros). Una vez unidos los cromosomas estos se alinean en el ecuador de la célula.

- **Anafase:** Se produce la separación de las cromátidas hermanas, las cuales dan lugar a dos cromosomas hijos, los cuales migran hacia polos opuestos de la célula.

- **Telofase:** Aquí ambos juegos de cromosomas llegan a los polos de la célula y adoptan una estructura menos densa, posteriormente se forma nuevamente la envoltura nuclear. Al finalizar esta fase, la división del citoplasma y sus contenidos comienza con la formación de un anillo contráctil.

- **Citocinesis:** Finalmente se divide la célula mediante el anillo contráctil, produciendo dos células hijas cada una con un juego completo de cromosomas.

Cuando ya no se requieren más células, estas entran en un estado denominado G0, en el cual abandonan el ciclo celular y entran en un periodo de latencia, lo cual no significa que entren en reposo ya que éstas células presentan un metabolismo activo, pues si estas células reciben el estímulo adecuado abandonan el estado G0 y entran al G1. Algunas

poblaciones celulares altamente especializadas como las fibras musculares o neuronas al entrar en estado G0 abandonan indefinidamente el ciclo celular."

a- De acuerdo con la lectura ¿En qué consiste el ciclo celular?

b- Realiza una descripción del ciclo celular con base en la lectura, debes de hacer una representación en donde expliques lo que has escrito en la descripción.

Representación



c- ¿Todas las células pueden llevar a cabo este proceso? Explica tu respuesta.

d- ¿Qué partes de la célula intervienen en este proceso?

e- ¿Qué organelos intervienen en este proceso? Justifica tu respuesta.

f- De acuerdo con lo que has aprendido hasta el momento ¿Consideras que este proceso es importante para el desarrollo de las células?

2-Ingresa al siguiente link <http://matragut.wordpress.com/2013/01/>, lee la información suministrada, observa las figuras y videos; responde las preguntas:

a- Compara los dibujos acerca de la mitosis y meiosis, ¿Son iguales? ¿Son diferentes? Justifica tu respuesta.

b-Realiza la descripción de cada uno de estos procesos (mitosis y meiosis).

c-¿Estos procesos ocurren en todos los tipos de células? Justifica tu respuesta.

d-¿Las células resultantes del proceso de mitosis y meiosis tienen el mismo número de cromosomas? Justifica tu respuesta.

e- Consulta ¿Cuántos cromosomas tienen las células humanas que se dividen por mitosis y meiosis?

f- Escribe una conclusión acerca de la mitosis y meiosis.

3- Lee las siguientes afirmaciones y escribe si estás de acuerdo (SI) o en desacuerdo (NO) con ellas. Justifica tu respuesta.

a- La mitosis y meiosis no son procesos de división celular. ()

JUSTIFICACIÓN _____

b- La mitosis y meiosis son procesos que se llevan a cabo en todos los tipos de células.

()

JUSTIFICACIÓN _____

c- Los gametos sexuales se forman exclusivamente por medio del proceso de mitosis.

()

JUSTIFICACIÓN _____

d- La división celular es un tipo de reproducción celular. ()

JUSTIFICACIÓN _____

e- El ovulo y espermatozoide son gametos que intervienen en el proceso de reproducción sexual. ()

JUSTIFICACIÓN _____

f-Todos los seres vivos se reproducen. ()

JUSTIFICACIÓN _____

4-Realiza una consulta para construir un modelo por medio de dibujos con sus partes acerca del proceso de la ovogénesis y espermatogénesis en el ser humano; recuerda que debes de explicar cada uno de estos procesos.

5- Investiga acerca del proceso de fecundación y responde las preguntas:

a- ¿Qué tipo de células intervienen en el proceso de fecundación? Menciona el nombre de cada una de ellas.

b- ¿El proceso de fecundación está relacionado con la reproducción?

c-Dibuja en los siguientes cuadros un óvulo y espermatozoide con sus partes.



d-Realiza una corta explicación del proceso de fecundación y explica que procesos se lleva a cabo después de que la fecundación termina.

D-Reflexión del aprendizaje

1-Durante el desarrollo de esta actividad ¿Qué aprendiste? Trata de utilizar vocabulario científico en tu respuesta.

2-Escribe dos conclusiones de la actividad que acabas de realizar. Trata de utilizar vocabulario científico en tu respuesta.

3-Hasta el momento ¿Cuáles son los términos científicos nuevos que has aprendido durante esta actividad?

4-Al finalizar cada la actividad completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 11 Autoevaluación. Actividad 3: Aprendiendo sobre división celular.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E- Evaluación

En esta actividad individual completa el siguiente cuadro y reflexiona sobre las respuestas dadas. (Adaptado de Sanmartí, 2007)

Tabla 12 Evaluación. Actividad 3: Aprendiendo sobre división celular.

Nombre del estudiante:			
Preguntas	Para identificar los procesos de división celular	Para explicar los procesos de división celular	Para relacionar el proceso de reproducción y fecundación
¿Qué conceptos utilice para:			
Use los términos adecuados para:			
¿Cuáles conceptos relacionas adecuadamente para:			
¿Por qué sé o no el tema sobre:			
Mi plan para mejorar el aprendizaje es:			

8.2.4 Actividad 4. Mis primeros conceptos de genética

Institución Educativa Puerto Iris Sede Internado -Puerto Concordía (Meta)

Docente: Biol. Melissa Irene González García.

Esta actividad tiene como finalidad aprender conceptos básicos sobre genética, para contribuir en el desarrollo sobre el concepto de herencia. Encontraras actividades para aprender términos científicos, mejorar el uso del lenguaje científico durante tus justificaciones y regular tu propio aprendizaje.

A-Obstáculos encontrados:

- Considerar que los rasgos físicos y caracteres que se heredan son el resultado de la mezcla de los rasgos físicos y comportamentales de ambos progenitores.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

B-Objetivos:

- Identificar el proceso de formación del cigoto y sus pares de cromosomas.
- Comprender y explicar el proceso de transmisión de la información hereditaria de padres a hijos.
- Manejar la terminología adecuada sobre los cromosomas humanos y la transmisión de la información hereditaria.

C-Actividades

1- Recientemente se realizó una encuesta a los estudiantes del grado octavo sobre sus pensamientos acerca de la herencia de características físicas de padres a hijos, todas las respuestas pertenecen al modelo herencia mezcladora sobre el concepto de herencia; el cual se caracteriza por describir que los rasgos que se heredan son resultado de la mezcla de los rasgos físicos de los padres:

- Yo creo que me parezco a mi madre y a mi padre pues porque los dos me hicieron y pues tengo sangre de los dos.

- Yo pienso que el niño va a nacer moreno por que la mamá es blanca y el papá es negro y sale de la sangre de los dos, papá y mamá.
- Yo pienso que el bebe va a salir mestizo porque la pareja uno es blanco y el otro es negro pues el bebe sale blanquito y morenito pues sale mestizo así para que ninguno de los dos queden satisfechos y pues el bebe no va a salir a la mamá o el papá si no a los dos.
- Pienso y puedo asegurar que el hijo debe salir mestizo, mejor dicho morenito o trigueño, ya que cuando se mezcla el color blanco y el negro sale un gris, se puede decir que este color será un poco más claro que oscuro
- Los hijos tendrán una mezcla de color azul y café por que el papá él es ojos de color azul y la mamá los ojos cafés.
- Yo pienso que a los niños le van a salir los ojos de un color mezclado por que el padre los tiene azules y la madre un café claro y pues yo pienso que eso sucede por la sangre.
- Los hijos se le pueden mezclar y salir con ojos negros o verdes y esa información está en las células y la sangre.

a-¿Qué tienen en común estas respuestas?

b-Según las respuestas dadas por tus compañeros ¿Cómo heredamos los rasgos físicos de nuestros padres?

c-¿Qué permite explicar el modelo herencia mezcladora del concepto de herencia acerca de la transmisión de características de padrea a hijos?

d-¿Qué **NO** permite explicar el modelo herencia mezcladora del concepto de herencia acerca de la transmisión de características de padrea a hijos?

e-¿Estás de acuerdo o en desacuerdo con las respuestas dadas por tus compañeros?
Intenta utilizar términos científicos en la justificación de tu respuesta.

2- Ingresa al siguiente link sobre haploidía y diploidía:
http://www.fisicanet.com.ar/biologia/informacion_genetica/ap08_haploidia_y_diploidia.php;
y responde las preguntas:

a- Define las siguientes palabras:

Haploide: _____

Diploide: _____

Fecundación: _____

Meiosis: _____

a-¿Cuál es la diferencia entre una célula haploide y una diploide?

b-¿Cuándo ocurre la meiosis?

c-Explica el proceso de fecundación ¿Qué células intervienen en este proceso?

d-¿Cómo heredamos las características hereditarias?

e-Realiza una descripción de las figuras observadas en el link; utiliza términos científicos en tu respuesta.

3- Con ayuda de los siguientes términos construye un mapa conceptual, y realiza las siguientes actividades:

**Células reproductoras-Células somáticas-Cromosomas-Espermatozoide-Ovulo-
Fecundación-Cigoto-Haploide-Diploide**

a-Elabora un objetivo para la realización del mapa conceptual.

b- Explica ¿Cómo puedes alcanzar este objetivo?

c- Evalúa si cumpliste el objetivo.

d- Realiza una descripción del mapa conceptual que construiste.

e- ¿Consideras que el mapa conceptual que construiste te permite diferenciar los tipos de células? Justifica tu respuesta.

f- ¿La construcción del mapa conceptual te permitió mejorar tu comprensión acerca de los tipos de células? Justificación de tu respuesta.

4- Consulta las respuestas de las siguientes preguntas:

a- ¿Cuántos cromosomas tiene la especie humana? ¿Cuántos cromosomas son somáticos y reproductivos?

b- En el ser humano después de la fecundación se forma un cigoto que contiene 46 cromosomas ¿Por qué sucede esto? ¿De dónde provienen estos cromosomas?

c- ¿De dónde proviene la información genética que heredamos de nuestros padres? Intenta utilizar términos científicos en la justificación de tu respuesta.

d- Investiga la definición de las siguientes palabras y menciona por medio de un ejemplo la diferencia entre estos términos.

Alosoma: _____

Autosoma: _____

Diferencia: _____

e- Consulta dos ejemplos de organismos haploides y dos organismos diploides, menciona el número de cromosomas que posee cada uno de los organismos en las células sexuales y somáticas.

D-Reflexión del aprendizaje

1-¿Consideras que tu aprendizaje y comprensión sobre el concepto de herencia ha mejorado? Justifica tu respuesta empleando terminología científica.

2-Hasta el momento ¿Cuáles términos científicos tuviste dificultad en aprender? Justifica tu respuesta.

3-¿Consideras que has mejorado el uso del lenguaje científico?. Justifica tu respuesta.

4-Al finalizar cada la actividad completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 13 Autoevaluación. Actividad 4: Mis primeros conceptos de genética.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E- Evaluación

En esta actividad individual completa el siguiente cuadro y reflexiona sobre las respuestas dadas. (Adaptado de Sanmartí, 2007)

Tabla 14 Evaluación. Actividad 4: Mis primeros conceptos de genética.

Estudiante:	Fecha:
El profesor nos ha planteado una actividad acerca de:	Lo que me preguntaba en la actividad era:
La información que nos dio fue:	Para desarrollarla seguimos los siguientes pasos:
Para poder resolverla tenía que saber:	Lo que más me costó fue:

8.2.5 Actividad 5. Ampliando mis conocimientos sobre genética

Institución educativa puerto iris sede internado -puerto concordía (meta)

Docente: Biol. Melissa irene gonzález garcía.

Esta actividad tiene como finalidad ampliar tus conocimientos acerca de la genética, para contribuir en el desarrollo sobre el concepto de herencia. Encontraras actividades para aprender términos científicos, mejorar el uso del lenguaje científico durante tus justificaciones y regular tu propio aprendizaje.

A- Obstáculos encontrados:

- Considerar que el comportamiento es heredado o adquirido durante la crianza.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

B-Objetivos:

- Identificar los tipos de interacción génica.
- Reconocer las variaciones existentes en las interacciones del material hereditario.
- Manejar la terminología adecuada sobre las interacciones del material hereditario.

C- Actividades

1-Realiza una consulta acerca de los cromosomas, su estructura y las partes que lo conforman; realiza una representación de un cromosoma en donde ubiques lo siguientes términos: **Cromátide-centrómero-ADN-gen-alelo-locus**; realiza un plan para elaborar la representación, al terminar la representación evaluarás si cumpliste o no la planeación. Explica por qué la cumpliste o no la cumpliste.

Plan: _____

¿Cumpliste el plan? SI: _____ NO: _____

Justifica tu respuesta:

a- ¿Qué términos has comprendido bien? Justifica tu respuesta.

b- ¿Qué términos no has comprendido bien? Justifica tu respuesta.

c- ¿Qué consideras debes de hacer para mejorar la comprensión de los términos dados durante esta actividad?

d- ¿Consideras que es importante tener claro el concepto de cromosoma y su composición para comprender el tema de herencia? Justifica tu respuesta.

2- Ingresa al siguiente link y observa el video:

<http://www.youtube.com/watch?v=mtVTOOiqu28>

a-Con ayuda del video ¿Has comprendido mejor los términos vistos en el punto anterior? Justifica tu respuesta.

b-¿Qué términos nuevos observaste en el video? Menciona cada uno con su definición.

c-¿Cuál es la diferencia entre genotipo y fenotipo?

d-Realiza la descripción de tu genotipo (Ten en cuenta los autosomas y alosomas):

e-Realiza la descripción de tu fenotipo:

3-Responde las preguntas de acuerdo al siguiente ejemplo.

En un bosque existe una población de 100 conejos, los cuales presentan las siguientes características: 80 son de color blanco y 20 son de color negro; 90 son de pelo corto y 10 son de pelo largo; 70 no tienen una mancha negra en la cola y 30 si la tienen; 60 tienen orejas largas y 40 orejas cortas.

a-¿Cuáles características de los conejos son dominantes?

b-¿Cuáles características de los conejos **NO** son dominantes?

c-Define las siguientes palabras:

Dominante: _____

Recesivo: _____

d-Observa tus compañeros y compañeras de clase, menciona las características dominantes y recesivas observadas. (Color de piel, color de ojos, color de cabello, forma del cabello, hoyuelos en las mejillas)

e-¿Por qué existen características que son dominantes y recesivas? Justifica tu respuesta.

f-¿Dónde se encuentra la información que determina si una característica es dominante o recesiva? Justifica tu respuesta.

4- Analiza el siguiente mapa conceptual y responde las preguntas:

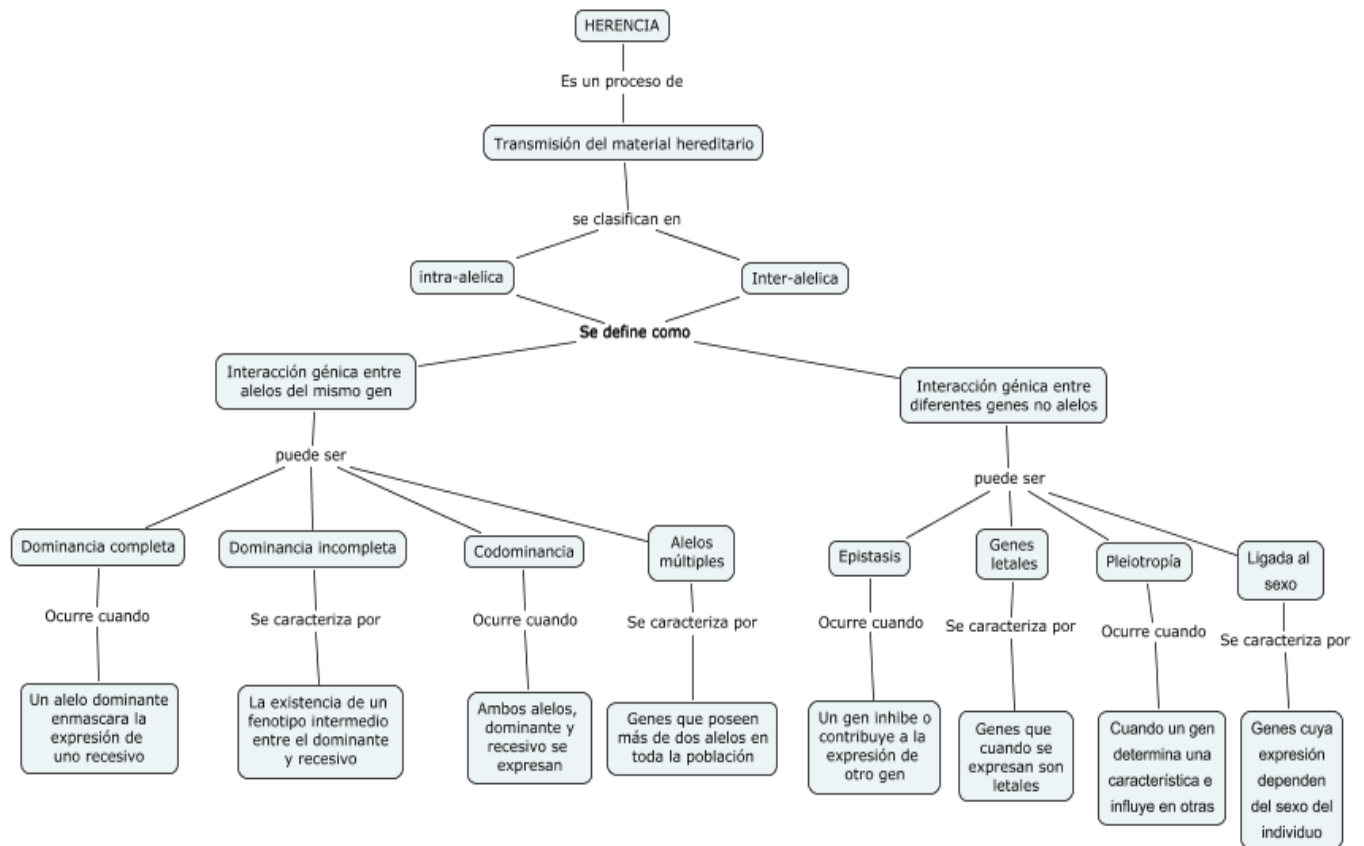


Gráfico 5.Tipos de interacción génica. Elaborado por Melissa Irene González G.

a-Clasifica los siguientes ejemplos de acuerdo al tipo de interacción génica:

-El albinismo es una enfermedad de carácter recesivo que se ve enmascarada por el alelo dominante, la pigmentación de la piel.

-El resultado del cruce de rosas rojas dominantes y blancas recesivas son flores rosadas heterocigotas, con un alelo de cada color.

-Un novillo con pelaje colorado se cruza con otro de pelaje blanco, la descendencia presenta un pelaje de apariencia rosillo, con pelos colorados y blanco.

-El tipo sanguíneo presenta cuatro alelos diferentes (A, B, AB, O).

-El gen para el color blanco en los gatos inhibe el gen para el color negro y da como resultado el color pardo.

-Al cruzarse dos especies de ratones con genes recesivos da como resultado individuos muertos.

-Un individuo posee un gen que expresa el color blanco e influye en la esterilidad del individuo.

-El daltonismo es una enfermedad exclusiva en los individuos de sexo masculino.

5- Investiga ejemplos de cada una de las interacciones génicas, realiza una comparación con los ejemplos de dos de tus compañeros y con base en esta información construye un folleto donde expliques cada una de estas interacciones (Utiliza lenguaje científico e ilustraciones en tu folleto); y responde las siguientes preguntas:

a- Elabora un objetivo para la realización del folleto.

b- Explica ¿Cómo puedes alcanzar este objetivo?

c-Evalúa si cumpliste el objetivo.

d-Realiza una descripción del folleto que construiste.

e-¿Consideras que el folleto que construiste te permite diferenciar los tipos de interacciones génicas? Justifica tu respuesta.

f- ¿La construcción del mapa folleto te permitió mejorar tu comprensión acerca de los tipos de células? Justificación de tu respuesta.

6-Realiza una consulta acerca de la genética, sus usos y aplicaciones, y con base en la información consultada realiza un escrito donde describas lo que comprendiste acerca de este tema; debes de plantearte una pregunta inicial, la cual debe de responderse a medida que construyes el escrito.

E-Reflexión de aprendizaje

1-Describe las acciones que has realizado para mejorar tu comprensión acerca del tema de herencia.

2-Hasta el momento ¿Cuáles términos científicos tuviste dificultad en aprender? Justifica tu respuesta.

3-¿Qué aprendiste durante el desarrollo de esta actividad?

4-Al finalizar las actividades completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 15 Autoevaluación. Actividad 5: Ampliando mis conceptos sobre genética.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E- Evaluación

En esta actividad en grupo (parejas) completa el siguiente cuadro, reflexiona sobre las respuestas dadas por ti y las observaciones realizadas por tu compañero (a).
(Adaptado de Sanmartí, 2007)

Tabla 7-10: Evaluación. Actividad 5: Ampliando mis conceptos sobre genética.

Pregunta	Para identificar los tipos de interacciones génicas	Para describir los tipos de interacción génica	Para explicar la importancia de conocer los tipos de interacciones génicas y cómo se llevan a cabo
Mi respuesta inicial ha sido:			
¿Qué he hecho mal?			
¿Por qué lo he hecho mal?			
¿Está bien justificado?			
¿Qué le recomendarías a tu compañero (a) para mejorar?			

8.2.6 Actividad 6. Lo más profundo: bases moleculares de la herencia

Institución Educativa Puerto Iris Sede Internado -Puerto Concordía (Meta)

Docente: Biol. Melissa Irene González García.

Esta actividad tiene como finalidad conocer acerca de las bases moleculares de la herencia y los aportes que esta rama de la ciencia ha realizado para contribuir en el desarrollo del concepto de herencia. Encontraras actividades para aprender términos científicos, mejorar el uso del lenguaje científico durante tus justificaciones y regular tu propio aprendizaje.

A- Obstáculos encontrados:

- Dificultad para comprender y representar los conceptos de: ADN, gen, alelo y cromosoma; y todos los procesos (Replicación, transcripción, traducción) que se llevan a cabo a nivel molecular relacionados con la herencia.
- No reconocer los procesos a nivel molecular relacionados con la herencia.
- Dificultad en el uso del lenguaje científico.

B-Objetivos:

- Comprender y explicar las bases moleculares de la herencia.
- Elaborar modelos representativos que permitan explicar procesos moleculares relacionados con la herencia.
- Reconocer las herramientas moleculares y sus aplicaciones en la actualidad.
- Realizar actividades de planeación, monitoreo y evaluación de los procesos de aprendizaje.
- Manejar la terminología adecuada sobre los procesos moleculares relacionados con la herencia.

C- Actividades

1-Lee el siguiente texto y con base en el realiza un mapa conceptual en donde incluyas las palabras subrayadas.

La información hereditaria es toda aquella que se requiere para “fabricar” un organismo. Para Gregorio Mendel, padre de la genética, la transmisión de información hereditaria a través de padres a hijos era evidente gracias a los rasgos paternos que se podían observar en las generaciones posteriores, como por ejemplo, el color de las semillas o las flores. Las características de estas características visibles era la existencia de “factores hereditarios”. Hoy en día sabemos que estos “factores hereditarios” corresponden a los genes. Los genes son los constituyentes esenciales de los cromosomas presentes en las células y están formados por una molécula denominada ácido desoxirribonucleico o ADN que, junto con el ácido ribonucleico o ARN, conforma el grupo de ácidos nucleicos; estas moléculas son fundamentales en el proceso de transmisión de la información hereditaria (Tomado de VARIOS AUTORES Hipertextos Santillana 9).

a-Elabora un objetivo para la realización del mapa conceptual.

b-Explica ¿Cómo puedes alcanzar este objetivo?

c-Evalúa si cumpliste el objetivo.

d-Realiza una descripción del mapa conceptual que construiste.

e-¿Cómo has elaborado el mapa conceptual?

f-¿Consideras que has utilizado los términos de forma adecuados para la construcción del mapa conceptual? Justifica tu respuesta.

2-Completa el siguiente texto con las palabras del recuadro; consulta el significado de cada palabra antes de completar la actividad.

Ácido fosfórico, ácidos nucleicos, éster, biológicas, desoxirribonucleico, desoxirribosa, expresar, genética, información genética, nucleósido, nucleótido, pentosa, pirimidina, polímeros, purina, ribonucleico

Los _____ son macromoléculas que _____ realizan funciones de vital interés e importancia en todos los seres vivos. Fueron descubiertos por Friedrich Miescher en 1869. Estas moléculas se encargan de almacenar, transmitir y _____ la información _____.

Hay dos tipos de ácidos nucleicos (AN): el ácido _____ (ADN) y el ácido _____ (ARN), y están presentes en todas las células. Su función biológica no quedó plenamente demostrada hasta que Avery y sus colaboradores en 1944 que el ADN era la molécula portadora de la _____.

Los AN son _____ lineales en los que la unidad repetitiva, llamada _____, está constituida por: una _____ (la ribosa o la _____), _____ y una base nitrogenada (_____ o _____). La unión de la pentosa con una base constituye un _____. La unión mediante un enlace _____ entre el nucleósido y el ácido fosfórico da lugar al nucleótido.

Tomado de (Muñoz, C. *et al* 2010)

3-Elabora un plan para construir un modelo de la estructura del ADN con materiales reciclables, después de construir el modelo evalúa si cumpliste o no cumpliste el plan y justifica tu respuesta.

Plan: _____

¿Cumpliste el plan? SI: _____ **NO:** _____

Justifica tu respuesta:

a-¿Qué nombre le darías al modelo construido? Justifica tu respuesta.

b-¿Ha mejorado tu comprensión acerca de la estructura del ADN? Justifica tu respuesta.

c-Investiga y representa en el recuadro la estructura química de las bases nitrogenadas (Purinas y pirimidinas), la ribosa y desoxirribosa, y el grupo fosfato que conforma los ácidos nucleicos.

Pirimidina	Purina
Ribosa	Desoxirribosa
Fosfato	

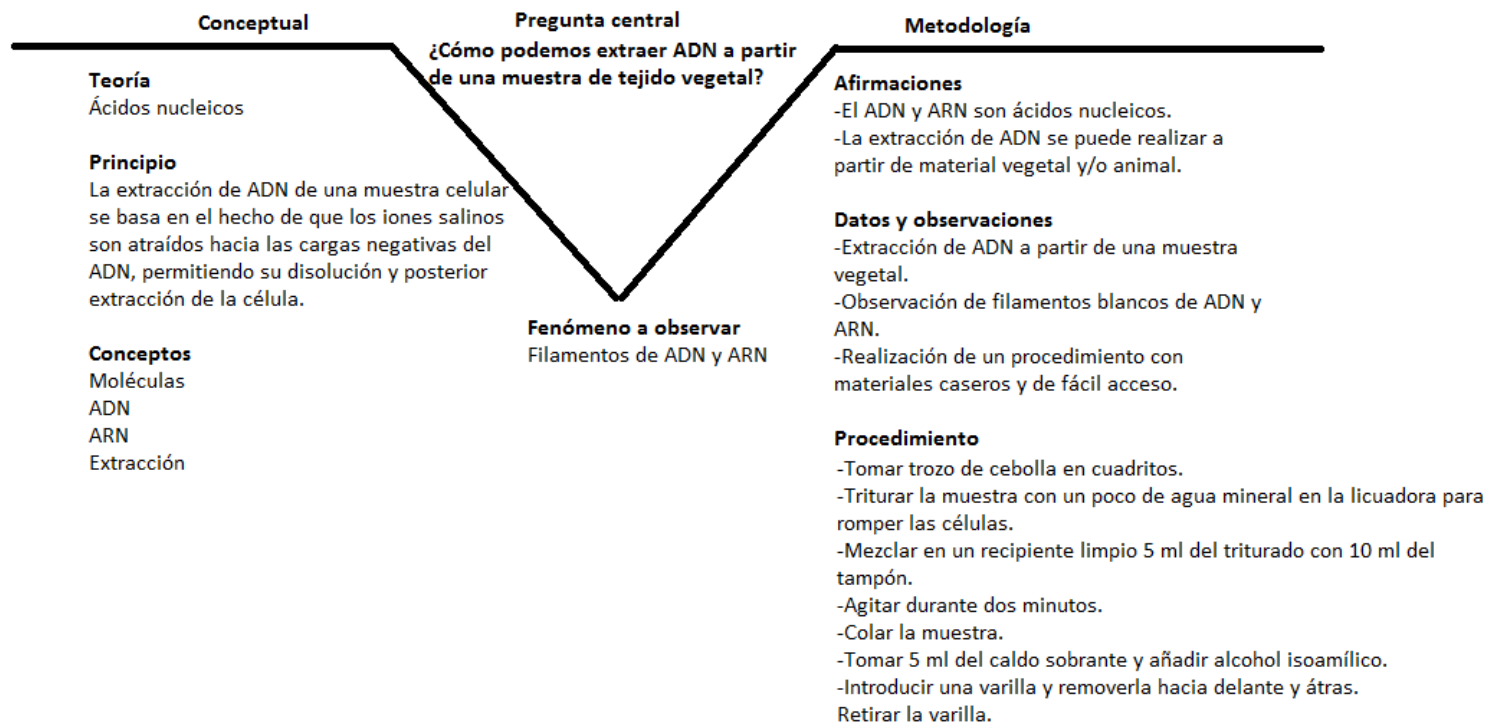
4-Consulta acerca del ácido desoxirribonucleico y el ácido ribonucleico, y realiza las siguientes actividades:

a-Completa el cuadro comparativo.

	ADN	ARN
SIMILITUDES		
DIFERENCIAS		

b-¿Consideras que has completado adecuadamente el cuadro comparativo y con los términos científicos correctos? Justifica tu respuesta.

c-Investiga las funciones que desempeña el ADN y ARN.

Gráfico 6. Laboratorio “Extracción de ADN casera”. (Muñoz, C. *et al* 2010)

5- Responde las siguientes preguntas de acuerdo a la práctica de laboratorio:

a-¿Qué queremos saber?

b-¿Cómo realizamos el experimento?

c-¿Qué observamos?

d-Explicamos el fenómeno observado.

e-¿Cómo interpretamos los resultados?

f-¿Cómo respondemos a la pregunta planteada?

g-Realiza una descripción de los filamentos de ADN y ARN que observaste.

6-Ingresa al siguiente link y realiza las actividades : <http://learn.genetics.utah.edu/es/>

a-Haz clic en la actividad “Construye una molécula de ADN”, lee la información suministrada y desarrolla la actividad propuesta.

b-Haz clic en la actividad “Transcribe y traduce un gen”, lee la información suministrada y desarrolla la actividad propuesta.

c-Haz clic en la actividad “Descubre cómo funcionan las proteínas”, lee la información suministrada y desarrolla la actividad propuesta.

d-Después de realizar la actividad, reúnete con dos de tus compañeros y compartan opiniones acerca de este sitio web y responde la siguientes preguntas:

-¿La información suministrada en el sitio web es útil para comprender la replicación, transcripción y traducción de ADN? Justifica tu respuesta.

-¿La metodología empleada en el sitio web para desarrollar el tema de expresión génica es el adecuado? Justifica tu respuesta.

-Escribe dos conclusiones de la actividad realizada en el sitio web.

-¿Qué temas te han sido difíciles de comprender? Justifica tu respuesta.

7-Con dos de tus compañeros, planea una exposición con los temas tratados en la página web del punto anterior (Replicación, transcripción y traducción), debes de utilizar diapositivas y gráficos para describir cada uno de los procesos estudiados e investigar otras fuentes de información para complementar cada tema; al finalizar la exposición evalúa si cumpliste o no cumpliste la planeación que realizaste.

Plan: _____

¿Cumpliste el plan? SI: _____ NO: _____

Justifica tu respuesta:

8-Realiza un consulta sobre el código genético y las proteínas, construye un escrito donde consignes los aspectos más importantes de dicho tema, para posteriormente realizar el siguiente proceso de coevaluación. Para esto se le entregará a cada estudiante el resumen de un compañero y el siguiente cuadro para que lo diligencias teniendo en cuenta el resumen de tu compañero. Recuerda que debes de emplear lenguaje científico y poner la bibliografía consultada al final.

Tabla 16 Coevaluación. Actividad 6: Lo más profundo: bases moleculares de la herencia.

Tema: Código genético y proteínas	
Nombre del estudiante que realiza la actividad:	
Nombre del estudiante que propone el problema y su resolución:	
Problema: Elaboración de resumen	
¿Está bien hecho?	Comentarios

Adaptado de Sanmartí (2007)

9-Observa el video y realiza las siguientes actividades:
http://www.youtube.com/watch?v=4WfnvAmpD_k

a-Explica con tus propias palabras en qué consiste la biotecnología.

b-¿Cuáles son las aplicaciones de la biotecnología?

c-Construye un cuadro donde menciones las técnicas biotecnológicas mostradas en el video, su definición y usos.

d-¿Cuáles de las aplicaciones de la biotecnología vistas en el video te llamo más la atención? Justifica tu respuesta.

e-¿Es necesario conocer los aspectos moleculares de la herencia para mejorar tu comprensión acerca de la biotecnología? Justifica tu respuesta.

f-¿Existe algún tipo de relación entre biotecnología y herencia? Justifica tu respuesta.

D-Reflexión del aprendizaje

1-¿Qué errores has podido detectar durante el desarrollo de esta actividad?

2-¿Qué temas aún no terminas de comprender? ¿Qué acciones debes de realizar para mejorar tu comprensión acerca de este tema? Justifica tu respuesta.

3-Realiza un plan para superar las dificultades presentadas durante el desarrollo de la actividad 6: Lo más profundo: Bases moleculares de la herencia.

4-De los temas vistos explica el tema que mejor puedas explicar y responde ¿Por qué es más fácil de explicar que los demás?

5-Completa el siguiente cuadro en tu diario de clase. (Tomado de Sanmartí, 2007)

Tabla 17 Autoevaluación. Actividad 6: Lo más profundo: bases moleculares de la herencia.

Pregunta	Respuesta
¿Qué hemos aprendido hoy?	
¿Cómo lo hemos aprendido?	
¿Qué he entendido bien?	
¿Qué cosas no acabo de entender?	
¿Qué acciones debo de realizar para mejorar mi comprensión acerca del tema?	
¿He mejorado el uso del lenguaje científico en mis respuestas?	

E-Evaluación

En esta actividad individual completa el siguiente cuadro y reflexiona sobre las respuestas dadas. (Adaptado de Sanmartí, 2007)

Tabla 18 Evaluación. Actividad 6. Lo más profundo: bases moleculares de la herencia.

Preguntas	Para identificar los procesos moleculares básicos de la herencia	Para explicar los procesos moleculares básicos de la herencia	Para relacionar la biología molecular con el concepto de herencia
¿Qué conceptos utilice para:			
Use los términos adecuados para:			
¿Cuáles conceptos relacionas adecuadamente para:			
¿Por qué use o no use los términos adecuados para:			
En este momento valoro mi trabajo: Lo bien, lo sé regular, no lo sé:			
¿Por qué se o no se el tema?			
¿Qué creo que faltó para que mi desempeño fuera mejor?			
Mi plan para mejorar el aprendizaje es:			

9. Conclusiones

- Es importante conocer las ideas previas que presentan los estudiantes para identificar los modelos y obstáculos de aprendizaje, para diseñar y planear actividades que permitan orientar los procesos de enseñanza aprendizaje.
- Los modelos explicativos acerca del concepto de herencia son: cotidiano, preformista, herencia mezcladora, caracteres adquiridos y mendeliano; determinados de acuerdo al desarrollo histórico-epistemológico del concepto.
- Los estudiantes en general no reconocen la transmisión de información hereditaria de padres a hijos, ni los procesos que este conlleva a nivel molecular y celular.
- No se encontraron diferencias significativas entre la frecuencia de respuestas de los estudiantes del área urbana y rural, por lo tanto se encuentran en el modelo cotidiano de la herencia, siendo sus ideas previas de tipo inducido y obstáculos de tipo verbal principalmente.
- El modelo explicativo sobre la herencia que predomina en las respuestas de los estudiantes tanto en el área urbana como rural es el modelo cotidiano, donde prevalecen las creencias culturales provenientes de su entorno social y cultural, y su cotidianidad.
- Los obstáculos de origen verbal son los que predominan en los estudiantes del grado de octavo, limitando el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Los estudiantes utilizan algunos términos propios de las ciencias, sin hacer referencia a su significado científico, lo que indica que la información ha sido suministrada sin haber evolución conceptual en sus modelos explicativos.
- La unidad didáctica está diseñada de acuerdo con los planteamientos hechos por Tamayo, partiendo de las ideas previas, para determinar los modelos explicativos

de los estudiantes, identificar los obstáculos en el aprendizaje del concepto y plantea actividades metacognitivas y de lenguaje para contribuir en el proceso de enseñanza – aprendizaje del concepto de herencia.

A. Anexo: Instrumentos de ideas previas

Institución Educativa Puerto Iris
Puerto Concordia, Meta

Explorando Ideas Previas

Nombre: _____

Grado: _____ Fecha: _____ Edad: _____

Docente: _____

A continuación encontrarás una serie de preguntas frente a las cuales debes justificar claramente tu respuesta en las líneas dadas a continuación. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar lo que crees que sucede, en tal sentido debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

- 1- Carlos tuvo dos hijos con su primera esposa Ximena (niño y niña), años después tuvo un hijo (niño) con su segunda esposa Angela. Los tres hijos de Carlos son muy parecidos a él. ¿A qué crees que se debe que los tres hijos de Carlos se parezcan tanto a él y no a sus esposas?

- 2- ¿Por qué crees que te pareces más a tu mamá o papá?

- 3- ¿Tienes algún parecido con tus abuelos? ¿Por qué crees que te pareces o por qué no te pareces? Justifica tu respuesta.

- 4- Una madre de alquiler de raza blanca se presta a gestar al hijo de una pareja de color. ¿Crees que el hijo será blanco, negro o mulato? Tomado de (Caballero-Armenta, M. 2008)

- 5- Juan posee ojos de color azul y se casa con María una mujer de ojos color café, ¿de qué color crees que serán los ojos de sus hijos Ana y Dani? ¿Dónde crees que se encuentra la información hereditaria para el color de ojos en los seres humanos? Justifica tu respuesta.

- 6- José es un científico y se encuentra realizando un experimento con ratones. Para iniciar su experimento les cortó la cola al ratón macho y a la hembra y los cruzó, con el fin de observar como son las crías. ¿Cómo crees que son las crías que resultaron

del cruce de estos dos ratones a los que José les corto la cola? ¿Crees que las crías tendrán la cola larga, corta o puede haber individuos con ambas características? Explica y realiza un dibujo.

Dibujo:

7- Si se realiza una transfusión de sangre de un individuo a otro ¿Es posible que este individuo adquiriera características del individuo donante? Justifica tu respuesta.

8- A Mariana le van a extraer sus óvulos y ella ha decidido llevar la muestra a un laboratorio para que sean examinados ya que desea saber que hay en su interior ¿Cuáles crees que serán los resultados de la observación? Explica y realiza un dibujo. (ella no está enferma, sus óvulos están sanos)

- 9-** Don Pedro ha trabajado desde muy joven como pescador en el río Ariari, como resultado de su labor, sus brazos son fuertes y musculosos y su espalda es ancha. Don Pedro está próximo a ser padre. ¿Cómo crees que serán las características físicas de su hijo? ¿tendrá brazos fuertes y espalda ancha?

- 10-** En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Piensas que la herencia reside en la sangre? Justifica tu respuesta.

- 11-** Si realizo un injerto entre dos variedades de naranja ¿Cómo sería la planta obtenida? ¿A cuál de las dos variedades se va a parecer? Justifica tu respuesta.

- 12.** ¿De dónde crees que reciben los organismos las características hereditarias? ¿A través de qué se transmiten estas características? Justifica tu respuesta.

13- ¿Has escuchado hablar del ácido desoxirribonucleico? ¿Sabes qué es y qué función cumple?

14- La profesora de biología explicó a sus alumnos de grado octavo que los genes son los encargados de transmitir las características hereditarias de padres a hijos. ¿Qué sabes de los genes? O ¿qué crees que son los genes? ¿Cómo representarías mediante un dibujo gen?

Dibujo:

- 15-** En las noticias se comenta que la policía utiliza muestras de ADN encontradas como pistas para descubrir quién cometió un delito. La comparación de dos muestras de ADN permite identificar personas, algo parecido a la comparación de huellas dactilares. ¿Por qué crees que por medio del ADN se pueden identificar a las personas? Justifica tu respuesta.

Bibliografía

- Astolfi, J.P. (1998). Desarrollar un currículo multirreferenciado para hacer frente a la complejidad de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*. 16 (3). 375 – 385 p.
- Bachelard, G. (1976). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI editores. México. 3ª edición. México. 302 p.
- Beadle, G. (1979). *Introducción a la nueva genética*. Editorial Universitaria De Buenos Aires. 3ª edición. Buenos Aires. 59 p.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*. De aniversario. México. 210-217 p.
- Bustingorry, S. & Mora, S. (2008). Metacognición: Un camino para aprender a aprender. *Ensayos Estudios Pedagógicos XXXIV*, N° 1: 187-197 p.
- Caballero-Armenta, M. (2008). Algunas Concepciones Del Alumnado De Secundaria Sobre Conceptos Básicos De Genética. *Investigación Didáctica, Enseñanza De Las Ciencias*. 26 (2). 227-244 p.
- Camacho, F. F., Tovar, M. M. E., Vega, M. E. J., Bello, G. S., Gamboa, R. F. , Castañeda, M. R., Alvarado, Z. C., Chamizo, G. J. A., Cruz, C. J. M., Gallegos, C. L., Sosa, F. P., López A. D. y Mota y Valdez, A. S. (2004). Ideas Previas, Disponible en: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/index.php> Última actualización: 16 enero de 2004.
- Campanario, J., Cuerva, J., Moya, A. & Otero, J. (1998). La metacognición y el aprendizaje de las ciencias. En: *investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* Universidad de Alcalá Vol.1. 36-44 p.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 18. N° 3. 369-380 p.
- Campanario, J. & Otero J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y

las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. En: Investigación Didáctica. Enseñanza de la ciencia Vol. 2. No 18. 155-169 p.

- Carretero, M. (1997). Construir y enseñar las ciencias experimentales. Buenos Aires, Argentina. 18 p.
- Carretero, M. (2001). Metacognición y educación. Buenos Aires, Argentina: Aique. 143 p.
- Castro, N. M., Trujillo, M. & Guerrero, J. J. (2006). Obstáculos cognitivos asociados al aprendizaje del concepto de función real. Universidad de La Salle-Colombia. Vol 1. N° 2. 29- 32 p.
- Cold Spring Harbor Laboratory. (2003). [Http://www.dnai.org/timeline/](http://www.dnai.org/timeline/)
- Crespo, N. (2004). La Metacognición: Las diferentes vertientes de una Teoría. Revista signos. Valparaíso Vol. 33. N°48. 97-115 p.
- Curtis, H. & Barnes N. S. (2000). Biología. Editorial Médica Panamericana Buenos Aires. 6ta Edición. 1134 p.
- Devor, E. (2005). A Brief History Of DNA. Integrated DNA Technologies. 6 p.
- Dewey, J. (1989). Cómo pensamos, nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo. Editorial Paidós. Barcelona. 249 p.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 6. 109-120 p.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental. inquiry. American psychologist. Vol. 34. 906-911 p.
- García Aretio, L. (1997). Una propuesta de estructura de unidad didáctica y de guía didáctica. Publicado en García Aretio, L. (Ed.). el material impreso en la enseñanza a distancia. Madrid: UNED. 165-191 p.
- Giordan, A. & Vecchi, G. (1988). Dimensiones conceptuales de la idea de concepción personal. En: Los orígenes del saber. Diada Sevilla. 91 -98 p.
- Golombek, D. A. (2008). Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. Documento básico. IV foro latinoamericano de educación aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades. Santillana. Buenos Aires, Argentina. 88 p.
- Gómez, M. & Sanmartí, N. (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. Lenguaje y comunicación. Educación química. 266-273 p.

- Hernández Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2008). El matrimonio cuantitativo-cualitativo: el paradigma mixto. Documento presentado en el 6 Congreso de Investigación en Sexología. Villahermosa, Tabasco, México.
- Iturriago, V. (2011). Implementación de las TICS en la enseñanza de los ácidos nucleicos en los estudiantes de grado 10-3 de la Institución Educativa José de Miguel Restrepo y Puerta. Trabajo final de maestría. Facultad de Ciencias. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 88 p.
- Jimenez, L. F. & Merchant, F. (2003). Biología celular y molecular. Primera edición. Pearson educación. México. 912 p.
- Johnson-Laird. P.N. (1983). Mental Models. Cambridge, Ma: Harvard University Press.
- Karp, G. (1998). Biología celular y molecular. Editorial Mc Graw Hill Interamericana Editores. México. 746 p.
- Klimenko, O. & Alvares, J. (2009). Aprender cómo aprendo: la enseñanza de estrategias metacognitivas. En: Investigación pedagógica. Vol. 12. N° 198. 11-28 p.
- Malisani, E. (1999). Los obstáculos epistemológicos en el desarrollo del pensamiento algebraico, visión histórica. Revista IRICE. Instituto de investigaciones en ciencias de la educación di Rosario. Argentina. Núm. 13. ISSN 0327-392X. 27 p.
- Mardarás, M. Corbacho, V. Galotti, L & Maggi, A. (2012). Del gen a la proteína. Primera Edición. Buenos Aires-Argentina, Ministerio De Educación Nacional. 148 p.
- Martínez, J. (2004). Concepción de aprendizaje, metacognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de psicología. Tesis Doctoral Universidad de Barcelona. Facultad de Psicología. Departamento de Psicología Básica. Programa de Doctorado: Procesos Cognitivos. Barcelona. 256 p.
- Mora, A. (2002). Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. Informe de investigación. San Ramón: Coordinación de Investigación, Sede de Occidente, UCR. 12 p.

- Mora, C & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 3. N° 1. 72-86 p.
- Muñoz, C. Díaz, S. Parra, S. Marín, M, Carrillo, E. Orjuela, M. Samacá, N. Quiñes, A. Peña, J. Chizner, J. Muñoz, A. 2010. *Hipertextos Ciencias Noveno*. Editorial Santillana. Colombia. 288 p.
- Novak, J. & Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ediciones Martínez Roca. Barcelona. 223 p.
- Novo Villaverde, F. J. (2007). *Genética Humana. Conceptos, Mecanismos y aplicaciones de la genética en el campo de la biomedicina*. Pearson Educación. Madrid. 300 p.
- Nuñez, R. & Escalona, J. *Ciclo celular*. Universidad autónoma de México. Facultad de Medicina. Departamento de embriología. Disponible en: <http://132.248.233.60/deptos/embrio/images/PDF/ciclo%20celular.pdf>
- Orellana, M., García, L., Pomalaya, R., Morocho, J., Elizalde, R., Solorzano, L., Rivera, J., Sótelo, N., Salazar, M., Orellana, D. & Chavez, J. (2006). Modelos mentales de la calidad universitaria en estudiantes sanmaquinos. *Revista de investigación en psicología*. Vol. 9. N° 2. 93-118 p.
- Orrego, M. Tamayo, O & López, A. (2012). Modelos mentales y obstáculos en el aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el sistema inmune. *Revista EDUCyT*. Vol. Extraordinario. ISSN 2215-8227. 20 p.
- Parolo, M., Barbieri, L. & Chrobak, R.(2004). La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química universitaria. En: *Enseñanza de las ciencias. Investigación didáctica*. Vol. 22. N° 1. 79–92 p.
- Pierce, B. (2005). *Genética. Un Enfoque Conceptual*. Editorial Médica Panamericana. 2ª edición. Madrid.
- Porlán, R. (1993). Construir el conocimiento escolar: la investigación de alumnos y alumnas en interacción con el medio. En: *Constructivismo y escuela*. Diada. Sevilla. 105-117 p.
- Porter, J. R. (1976). Antony Van Leeuwenhoek: Tercentenary Of His Discovery Of Bacteria. *Microbiology And Molecular Reviews*. 4 (2). 260-269 p.
- Pozo, J. & Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, Vol. 38. 35- 52 p.

- Pozo, J. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencias como cambio representacional. *Revista Lasallista de investigación*. Vol. 17 (3). 513-520 p..
- Puebla, R. & Talma, M. (2012). Metacognición en la formación inicial de los educadores. *Revista Iberoamericana de Educación*. Chile. N.º 59 (2). 1-6 p.
- Rodríguez-Morales, M. (2004). Generalidades de la planificación de la unidad didáctica en temas de educación ambiental. *Revista Biocenosis*. Vol. 18 (1-2). 26-37 p.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis 382 p.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas claves. Evaluar para aprender*. Editorial Grao. España. 148 p.
- Tamayo, O. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista educación y pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquía, Facultad de educación. Vol. XVIII. N° 45. 37-49 p.
- Tamayo, O. (2009). De las concepciones alternativas al cambio conceptual en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Universidad Autónoma de Manizales.
- Tamayo, O. (2009). La metacognición en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: *seminario en educación y enseñanza de las ciencias*. Universidad Autónoma de Manizales
- Tamayo, O. (2011). *Informe Final De Investigación: Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración*. Universidad Autónoma de Manizales.
- Tamayo, O & Sanmartí, N. (2002). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista latinoamericana de ciencias sociales, niñez y juventud* Vol 1. N° 1. 16 p.
- Rayas, J. (2004). Artículo publicado en la *Revista Xictli de la Unidad UPN 094 D.F. Centro, México*. Se permite su uso citando la fuente. Dirección www.unidad094.upn.mx: http://www.unidad094.upn.mx/revista/54/02.html
- Velásquez, L. (2011). *Modelos Explicativos Sobre El Concepto De Nutrición En Plantas En Estudiantes De Básica Secundaria Rural*. Trabajo De Investigación

(Magister En Enseñanza De Las Ciencias Exactas Y Naturales). Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales. Manizales. 78 p.

- Ville, C. (1996). Biología. Editorial Mc Graw Hill. Octava edición. México. 944 p.
- Watson, J. & Crick, F. (1953). A structure for deoxyribose nucleic acid. Nature Vol 3 (171). 737-738 p.

WEBGRAFÍA

- <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/celular/macromoleculas.html>
- <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=137258>
- <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/04moleculascelules/04moleculasceluleses.htm>
- <http://matragut.wordpress.com/2013/01/>
- http://www.fisicanet.com.ar/biologia/informacion_genetica/ap08
- <http://www.youtube.com/watch?v=mtVTOOigu28>
- <http://learn.genetics.utah.edu/es/>
- http://www.youtube.com/watch?v=4WfnnvAmpD_k